

Aus der Dermatologischen Klinik und Poliklinik
der Philipps-Universität Marburg an der Lahn
(Direktor: Prof. Dr. med. O. Braun-Falco)

Alter und chronische Lichtexposition in ihrer Auswirkung auf die Ultraviolettlichtempfindlichkeit der Haut

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Dieter Ludwig
aus Dresden

Marburg 1967

Aus der Dermatologischen Klinik und Poliklinik
der Philipps-Universität Marburg an der Lahn
(Direktor: Prof. Dr. med. O. Braun-Falco)

Alter und chronische Lichtexposition in ihrer Auswirkung auf die Ultraviolettlichtempfindlichkeit der Haut

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades der gesamten Medizin
der hohen Medizinischen Fakultät
der Philipps-Universität Marburg

vorgelegt von

Dieter Ludwig

aus Dresden

Marburg 1967



Angenommen von der Medizinischen Fakultät
der Universität Marburg am 3. Febr. 1967
gedruckt mit Genehmigung der Fakultät

Dekan: Prof. Dr. med. et Dr. med. dent. H. Heuser
Referent: Priv.-Doz. Dr. med. et Dr. phil. K. Salfeld
Correferent: Prof. Dr. med. O. Braun-Falco

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit
gewidmet

Inhaltsverzeichnis

	Seite
A. Einleitung.....	1
1. Physiologische Veränderungen der alternden Haut.....	1
2. UV-Lichterythemversuche als therapeutische, konstitutionelle, pharmakologische und diagnostische Funktionsprüfungen.....	15
B. Über das Verhalten der Erythemschwellenzeit bei alternder Haut.....	26
1. Methode.....	26
2. Untersuchungsergebnisse.....	32
3. Besprechung der Ergebnisse.....	39
C. Zusammenfassung.....	48
D. Literaturverzeichnis.....	50

A. Einleitung

1. Physiologische Veränderungen der alternden Haut

'Altern' heißt: irreversible Veränderung der lebenden Substanz als Funktion der Zeit.

Das Altern ist demnach ein mit der Geburt beginnender und während des ganzen Lebens andauernder Vorgang (BÜRGER). Kein anderes Organ offenbart das Alter so eklatant wie die Haut mit ihren Anhangsgebilden (WAGNER). Die durch den physiologischen Alternsvorgang bedingten Änderungen des äußeren Aspektes der Haut und des Hautzustandes müssen jedoch von krankhaften Veränderungen im Alter getrennt werden. Es ist weiterhin zwischen Veränderungen zu unterscheiden, deren Entstehung durch äußere Einwirkungen verursacht wird und solchen, deren Genese im Lebensrhythmus der Zellen selbst gelegen ist (STRÖBEL).

Die Zellen und Interzellulärsubstanzen des menschlichen Körpers erfahren im Laufe des Lebens Veränderungen, die sie zu physiologischer Funktion zunehmend untauglich machen (BARGMANN, BRADLEY, FREY-WYSSLING, E. MÜLLER, STRÖBEL). In kolloiden Systemen kommt es zur irreversiblen

Bildung von Niederschlägen, charakterisiert durch eine Dehydration der Kolloidteilchen, die man als Hysteresis oder 'Altern' der Kolloide bezeichnet (BÜRGER). Die bei der Protoplasmahysteresis auftretende Verdichtung der Kolloide führt zu einer Verminderung des Zellstoffwechsels und zu einer Verlangsamung des Säftestromes im Gewebe. Die Folge ist eine zunehmende Ablagerung anorganischer Substanzen und organischer Stoffwechselschlacken. Gleichzeitig hemmt die zunehmende Viskosität der Zellkolloide die Geschwindigkeit der Reaktionen, die sich während der Lebensvorgänge abspielen. Das Wesentliche des Alternsvorganges ist somit nach BÜRGER in einer fortschreitenden 'Eintrocknung' der Gewebe zu sehen.

Makroskopische Veränderungen der alternden Haut

Diese Erscheinung wird bereits makroskopisch in den ersten morphologischen Altersveränderungen der Haut - etwa in der vierten Lebensdekade - offenbar. Die Hautoberfläche wirkt trocken, zeigt feinlamellöse Schuppung und ist, insbesondere an den lichtexponierten Partien, durch eine allmähliche Ausbildung von Runzeln und Falten gekennzeichnet. Am deutlichsten finden sich diese Veränderungen an Nacken und Gesicht unter dem Bilde der sog. Landmanns- oder Seemannshaut (WAGNER). Allgemein erscheint die Haut mit fortschreitendem Lebensalter bei vergrößertem Hautrelief verdünnt, so daß eine zu-

nehmend deutlichere Gefäßzeichnung erkennbar wird (GANS und STEIGLEDER). Während an bedeckt getragenen Körperstellen Pigmentverschiebungen nur selten auftreten, ist die Hautfarbe der lichtexponierten Partien gelb bis bräunlich und zeigt fleckförmig oder diffus auftretende Pigmentierungen. Degenerative Veränderungen, wie warzige Exkreszenzen, Teleangiektasien, Retentionszysten u.s.w. treten hinzu, wobei diese Alterationen an den in der Regel frei getragenen, Licht und Wetter exponierten Körperpartien am ausgeprägtesten sind, während sie an bedeckt getragenen Körperstellen in sehr viel geringerem Ausmaß auftreten (WAGNER).

Mikroskopische Veränderungen der alternden Haut

Auch die mikroskopischen Veränderungen der Haut lassen sich nach GANS und STEIGLEDER deutlich in zwei Gruppen teilen. Diese Autoren unterscheiden eine einfache Atrophie, welche an den bedeckten Körperstellen auftritt, von einer degenerativen Atrophie, die vornehmlich an den Witterungseinflüssen ausgesetzten Hautpartien zu finden ist und neben den Zeichen der Atrophie eine Reihe von Degenerationerscheinungen aufweist. Einen Unterschied zwischen nicht-lichtexponierter und lichtexponierter Haut machen auch CERESA, EJIRI, HILL und MONTGOMERY, SCHALLWEGG, STRÖBEL. Histologische Untersuchungen an nicht-lichtexponierter Haut ergaben zwischen dem 20. und 30. Lebensjahr noch das Bild einer nor-

malen Haut (BERRES). Nach einem Breitemaximum von Epidermis und Cutis etwa um das 30. Lebensjahr (STRÖBEL) zeigte sich mit fortschreitendem Alter eine allgemeine Verdünnung der Dermis (BERRES, SCHALLWEGG, STRÖBEL), wobei die Veränderungen des epithelialen Anteils rein atrophischer Art sind (GANS und STEIGLEDER, STRÖBEL). Auch BÜRGER und SCHLOMKA fanden bei Gewichtsbestimmungen gleich großer, völlig von subcutanem Fett befreiter Hautstücke aus der rechten Brustwandseite einen Gewichtsanstieg bis zum 30. Lebensjahr und danach ein kontinuierliches Absinken.

Epidermis

An der Hornschicht konnten HILL und MONTGOMERY keine Altersveränderungen, sondern nur regionale Unterschiede der Stärke des Hornlagers feststellen. Andere Autoren hingegen beschreiben übereinstimmend eine Verdünnung und Auflockerung derselben im Alter (EJIRI, HIMMEL, SAALFELD). Gleichzeitig damit erfolgt eine Verminderung der Zellagen des Str. granulosum und Str. spinosum (CHIALE, MANGANOTTI, STRÖBEL), wobei die Körnerschicht vielfach nicht mehr nachweisbar ist (CHIALE, GANS und STEIGLEDER). Auch die palisadenartige Anordnung der Basalzellen im Säuglingsalter ist in der senilen Epidermis nicht mehr zu erkennen (BERRES, STRÖBEL). Diese Erscheinungen sind auf eine Größenabnahme der einzelnen Zellen in Verbindung mit Formunregelmäßigkeiten, Kernanomalien

und Vakuolenbildung zurückzuführen (HIMMEL, STRÖBEL).

Auffallende Veränderungen des Pigmentgehaltes der bedeckt getragenen Haut ließen sich während des ganzen Lebens nicht nachweisen (HILL und MONTGOMERY, STRÖBEL). Abnorme und unregelmäßige Pigmentansammlungen (CHIALE, HIMMEL, NEUMANN, SCHALLWEGG) führt STRÖBEL auf den Einfluß äußerer Faktoren, insbesondere auf chronische Lichteinwirkung zurück, da dieser Befund praktisch immer an Gesicht und Händen erhoben wird.

Bei der degenerativen Atrophie lichtexponierter Haut sind die Epidermisveränderungen im wesentlichen entsprechend (GANS und STEIGLEDER), hinzu treten die bereits erwähnten Pigmentanomalien und follikuläre Hyperkeratosen (GOTTRON).

Epidermis-Cutis-Grenze

Neben den Änderungen der Epidermisbreite finden sich charakteristische Wandlungen im Verlauf der Epidermis-Cutis-Grenze, die im Säuglingsalter zunächst in dichten Falten aneinanderliegt. Durch eine stetig zunehmende Streckung erhält sie bis zum 30. Lebensjahr ein sägezahnähnliches Aussehen (STRÖBEL), indem sich die kräftigen Epithelzapfen und Papillen in ihrer Breite entsprechen. Mit einer fleckförmigen Atrophie der Epithelzapfen und des Papillarkörpers in der vierten Lebensdekade beginnend, erstrecken sich die Veränderungen

auf immer größere Areale (BERRES), wobei ein weitgehendes Verstreichen der Papillen eine zunehmende Abflachung der epidermo-cutanen Verzahnung zur Folge hat und im höchsten Alter ein bandartig gestreckter Verlauf der Epidermis resultiert (WAGNER).

Cutis

Gegenüber den weniger hervortretenden Veränderungen der Epidermis sind die Alterserscheinungen der Cutis wesentlich vielgestaltiger und maßgeblich für den äußeren Aspekt der Haut (CHIALE). Nach NEUMANN bestehen die senilen Veränderungen des Hautorgans vornehmlich in einer Schrumpfung des Cutisgewebes. Eine biochemisch nachweisbare Verdichtung der Grundsubstanz, Ablagerungen von Schlackenstoffen (BÜRGER) und degenerative Veränderungen an den einzelnen Faserarten treten in den Vordergrund. Während STRÖBEL als primär eine Rarifizierung und Parallelisierung der kollagenen Fasern in Verbindung mit einer Entartung derselben zu Kollacin ansieht und die Elastikaveränderungen als sekundär bedingt darauf zurückführt, bezeichnen HILL und MONTGOMERY die Veränderungen am kollagenen Bindegewebe als gering und bedeutungslos. Gesichert erscheint morphologisch eine Zunahme der Fibrillendicke, dichtere Packung derselben und eine im Röntgendiagramm erkennbare zunehmende Ordnung (HARTMANN, ROLL-HÄUSER).

Andere Autoren fanden auffallende Verän-

derungen zuerst und hauptsächlich an der elastischen Substanz des oberen Cutisdrittels (BERRES, KOJIMA, M.B. SCHMIDT, WEIDMANN). Diese bestehen in einer unregelmäßigen Quellung, Verdickung und Zusammendrängung sowie in körnigem Zerfall der elastischen Fasern bei gleichzeitiger Atrophie des kollagenen Gewebes. Zell- und Kernreichtum der Cutis nehmen mit fortschreitendem Alter stetig ab (SCHALLWEGG, STRÖBEL).

Weitgehende Übereinstimmung besteht darüber, daß die Veränderungen an der kollagenen und insbesondere der elastischen Substanz, welche von GANS unter dem Begriff der degenerativen Atrophie zusammengefaßt wurden, am ausgeprägtesten an den lichtexponierten Körperstellen auftreten (CERESA, EJIRI, HILL und MONTGOMERY, UNNA u.a.). Einer zahlenmäßigen Abnahme unveränderter elastischer Fasern (BRAUN-FALCO und SALFELD, LINDHOLM, MA und COWDRY) steht eine auf verschiedenen Wegen erfolgende, bereits makroskopisch sichtbare Zunahme an elastisch färbbarem Gewebsmaterial im oberen Cutisdrittel gegenüber (BRAUN-FALCO, EJIRI), wobei von den Veränderungen besonders der subepidermale elastische Plexus betroffen ist. Den degenerativen morphologischen Wandlungen entsprechen Änderungen des färberischen Verhaltens und eine Verfettung der elastischen Fasern (OHNO). Durch histochemische, histofermentative und biochemische Untersuchungen konnte eine enge Beziehung dieses veränderten Fasermaterials zu normalen elastischen Fasern nachgewiesen werden (BRAUN-FALCO, BRAUN-FALCO und SALFELD).

Insgesamt gilt diese als senile Elastosis bezeichnete Erscheinung als ein Charakteristikum der lichtexponierten Altershaut (BRAUN-FALCO).

Gleichzeitig mit diesen Cutisveränderungen erfahren Hautdrüsen, Muskeln, Nerven und Gefäße altersbedingte Wandlungen, welche ihre Funktionsfähigkeit im Alter beeinträchtigen und auf ein geringeres Maß reduzieren (BERRES, SCHALLWEGG, STRÖBEL).

Das Gefäßsystem der Haut

Bezüglich der normalen Struktur des Gefäßsystems sei hier lediglich auf die Darstellung der Hautgefäße von SPALTEHOLZ verwiesen. O. MÜLLER betont die unübersehbare Vielgestaltigkeit der örtlichen Verhältnisse und die große individuelle Verschiedenheit des terminalen Gefäßabschnittes. Dennoch ließ sich zeigen, daß z.B. die mediale Gesichtsregion reichlicher vaskularisiert ist als die seitlichen Gesichtspartien (MORETTI). Die Hautanhangsgebilde sind hier besonders zahlreich von Kapillaren umgeben (MONTAGNA und ELLIS). An den Extremitätenakra fand NESTEROW eine stärkere Kapillarisierung pro cm^2 Haut verglichen mit der des Rumpfes.

Über die die Kapillardurchströmung regulierenden Feinstrukturen sowie über den Mechanismus der Kapillarpermeabilität berichten CHAMBERS und ZWEIFACH.

ZWEIFACH konnte neben Anastomosen zwi-

schen Arterien und Venen auch Verbindungen zwischen Arteriolen und Venuolen und zwischen von den Endarteriolen abgehenden Metaarteriolen und Venuolen zeigen. Durch diese Kurzschlüsse wird ein Teil der Kapillaren in ruhendem Zustand vom Blutstrom umgangen, um bei einer Hyperämie z.B. nach exogenen, die Haut treffenden Reizen als Reserve im Kapillarmikroskop sichtbar zu werden. Bei gleichzeitiger Strömungsbeschleunigung des Blutes kommt es durch die Erweiterung des subpapillären und der tieferen Plexus zur makroskopisch sichtbaren Hautrötung (O. MÜLLER).

Allgemein weisen Hautregionen mit dünner Epidermis und schlecht ausgebildeten Retezapfen wenige Kapillarschlingen auf, während ein gut ausgebildeter Papillarkörper zahlreiche, untereinander anastomosierende Kapillaren enthält (CHIALE, O. MÜLLER). Nach O. MÜLLER erscheinen Papillenbildung und Kapillaranordnung, Gewebe und feinsten Gefäßabschnitt unlösbar miteinander verbunden, so daß Unregelmäßigkeiten des einen Strukturelementes zwangsläufig solche des anderen bedingen. Die mit fortschreitendem Alter immer ausgeprägtere Abflachung der Epidermiszapfen ist mit einem weitgehenden Schwund der Papillargefäße verbunden. Auch BERRES bestätigt den engen Zusammenhang der morphologischen Alterserscheinungen der Haut mit den Gefäßveränderungen, bestehend in einer Rarifizierung des Gefäßsystems in den veränderten Gebieten.

In Übereinstimmung damit stehen die Be-

funde von BELLOCQ, BÜRGER, CHIALE, STRÖBEL, die ebenfalls auf eine Verminderung der Zahl der Gefäße im Alter hinweisen. In diesem Zusammenhang spricht O. MÜLLER von 'Verkümmungs- und Verarmungserscheinungen am Gefäßsystem'.

Nach BERRES ist der Alterungsprozess ein optimales Einstellen der einzelnen Gewebselemente auf ein reduziertes Gefäßsystem und auch BÜRGER, CHIALE, NEUMANN sehen in den Gefäßveränderungen die Ursache der Alterserscheinungen der Haut, während HIMMEL, M.B. SCHMIDT eine solche Beziehung ablehnen.

Auch hinsichtlich der Altersveränderungen an den Gefäßen selbst sind die Ansichten geteilt. SAALFELD sieht an ihnen keine auffälligen altersbedingten strukturellen Veränderungen. Dagegen setzt nach BÜRGER mit zunehmendem Alter eine meßbare Dickenzunahme der Arterienwände ein, die ihren Ausdruck in einer Gewichtszunahme gleich langer Gefäßstrecken findet (HEVELKE). Im Rahmen einer chemischen Umstrukturierung kommt es durch vermehrte Schlackeneinlagerung organischer Substanzen und anorganischen Materials sowie durch eine Zunahme der mukoiden Zwischensubstanzen zu einer Verdichtung der Gefäßwände, die NORDMANN als diffuse Sklerose bezeichnet. Das Schwinden der elastischen Wandelemente bedingt neben einer Erweiterung des Gefäßlumens (KRYSTALOWICZ, LINZBACH) einen weitgehenden Elastizitätsverlust (BÜRGER, FUCHS). CHIALE fand die Elastika

unregelmäßig und zersplittert, die glatten Muskelfasern waren in ihrer Zahl verringert und durch kollagenes Gewebe ersetzt (NORDMANN). Veränderungen an Endo- und Perithelien zeigten sich jedoch nicht (STRÖBEL).

Auch die Kapillaren sind vom Alterungsprozess betroffen. Neben einer senilen Ektasie (WAGNER), hyalinen Degeneration ihrer Wand und Verdichtung des Grundhäutnens (ORBANT) treten bindegewebige Wucherungen auf (NORDMANN), welche zum Verschuß der Gefäße führen können.

Strukturveränderungen dieser Art haben eine Herabsetzung der Kapillarpermeabilität (RIES) und infolge mangelhafter Blutförderung der Verteilergefäße bei einer Minderdurchblutung der betroffenen Gewebe gleichzeitig eine Verschlechterung der Ernährungsbedingungen der Gefäßwände selbst zur Folge (FUCHS, NORDMANN). Die Verringerung des zirkulierenden Blutvolumens im Alter und die Verfestigung der Kolloide - im Sinne der BÜRGER'schen Protoplasmahysteresis - verstärken diese Erscheinungen.

Diese altersbedingten Veränderungen finden in einer erhöhten Brüchigkeit der Kapillärwände ihren Ausdruck. KÜHN konnte durch infraclavikulär ausgeführte Saugdruckmessungen mit fortschreitendem Lebensalter ein stetiges Absinken der Kapillarresistenz nachweisen, wobei sich diese vom ersten bis zum neunten Lebensjahrzehnt etwa um die Hälfte verringert. Verschiedene Körperregionen zeigen hierbei jedoch ein unterschiedliches Verhalten (BORBÉLY).

Die altersgegebene Abnahme der Kapillarresistenz wurde auch von RASPONI mittels positiv ausfallender Lunedi'scher Versuche bewiesen. Andere Autoren konnten durch plethysmographische Untersuchungen eine Elastizitätsabnahme der terminalen Gefäße im Alter wahrscheinlich machen (BETZ und STEIN).

Das funktionelle Verhalten der alternden Haut

Die Gesamtheit dieser Veränderungen ist mitbestimmend für das funktionelle Verhalten der alternden Haut. BÜRGER sieht in der Wasserverarmung der Gewebe - die sekundär insbesondere Ernährungsstörungen zur Folge hat - den primären Alternsvorgang. KING und LAWTON führen die Elastizität der Haut auf den Wassergehalt und die Quellbarkeit der Bindegewebsfasern zurück. Diese beiden Befunde bieten eine Erklärung für die dem Alter parallel gehende Abnahme der Hautelastizität und für ihre Zugfestigkeitssteigerung (ROLLHÄUSER).

Nach VERZAR und WILLENEGGER nimmt die Kraft der thermischen Kontraktion kollagener Fasern in charakteristischer Weise mit dem Alter zu. Diese Erscheinung ist so typisch, daß sie zur Bestimmung des biologischen Alters von Kollagenfasern Verwendung findet ('mechanischer Test'). Die Autoren erklären sie durch eine Vermehrung der intramolekularen Wasserstoffbrückenbindungen im Alter, welche am

Hydroxyprolin - einem wesentlichen Baustein des Kollagenfadenmoleküls - angreifen und dessen Aminosäureketten zusammenhalten.

Diese Befunde stehen in Einklang mit der von HARTMANN erwähnten stetigen Erhöhung der Schrumpfungstemperatur und gesteigerten Wärmekontraktion sowie mit den Ergebnissen von ROLLHÄUSER.

Die Verdichtung der Gewebe ist auch für das ganz allgemein abnehmende Regenerationsvermögen im Alter verantwortlich zu machen (BÜRGER, CARREL), welches sich bereits an der Verlangsamung des Fingernagelwachstums nachweisen läßt (KNOBLOCH). Auch die Wundheilung verzögert sich mit zunehmendem Lebensalter. Eine Wunde vernarbt bei einem Zehnjährigen im Vergleich zu einem Fünfzigjährigen etwa viermal so schnell (LECOMTE DU NOÛY). Ebenso ist das Thermoregulationsvermögen der Haut im Alter herabgesetzt (Krag und Kountz).

KNOBLOCH prüfte die Entzündungsreaktion der Haut an der Latenzzeit und Intensität des Erythems nach Rubriment- und Senfölapplikation, UV-Bestrahlung und mechanischem Reiz. Er fand bei Personen jenseits des 60. Lebensjahres eine im Vergleich zu Jugendlichen um durchschnittlich 40 % herabgesetzte maximale Rötungsintensität. Latenzzeit und Intensität eines Erythems sind jedoch neben einer Vielzahl anderer Faktoren von der Beschaffenheit und Reaktionsfähigkeit des Kapillarsystems der Haut abhängig. Die Altersabhängigkeit der Kapillarfunktion ließ sich besonders deutlich durch die Bestimmung der dermatographischen La-

tenzzeit mit der von NOTHAAS angegebenen Methode zeigen (HOFF und KESSLER). Es fand sich bei fast linearer Zunahme der dermographischen Latenzzeit eine Intensitätsabnahme der eintretenden Gefäßerweiterung.

Insgesamt erlauben diese Befunde den Schluß, daß mit fortschreitendem Alter neben einer Verminderung der Austauschvorgänge an der Blutgewebsschranke die Anpassungsfähigkeit der Gefäße, insbesondere die der Kapillaren an wechselnde Reize absinkt.

Die geschilderten, regional unterschiedlichen Veränderungen an Geweben und Gefäßen haben Wandlungen der Funktion zur Folge, wie auch umgekehrt die Funktion in Verbindung mit dem Alter strukturprägend wirkt. So konnte HEVELKE zeigen, daß die größere funktionelle Beanspruchung des rechten Armes und damit seiner Gefäße in einem beschleunigten Alternsvorgang der rechten Arteria brachialis - verglichen mit der linken - zum Ausdruck kommt.

2. UV-Lichterythemversuche als therapeutische, konstitutionelle, pharmakologische und diagnostische Funktionsprüfungen

Die Erythembereitschaft der Haut ist an die Funktionsfähigkeit des Gefäßsystems gebunden. Aus der allgemeinen Physiologie ist bekannt, daß dem Erythem eine Gefäßerweiterung und aktive Hyperämie als Folge eines die Haut treffenden mechanischen, chemischen, thermischen oder aktinischen Reizes zugrunde liegt. Aktinische, d.h. strahlungsbedingte Reize haben, dem weiten Spektrum der elektromagnetischen Wellen entsprechend, eine Vielzahl biologischer Wirkungen, deren am besten bekannte und erforschte die Erythembildung ist (ADAMS und Mitarb., COBLENTZ und Mitarb., DORNO, HAUBER und VAHLE, HENSCHKE und SCHULTZE, KELLER, DU MESNIL DE ROCHEMONT, MIESCHER, ROTTIER, SCHALL und ALIUS u.a.). Nach MIESCHER stellt sie die elementarste Äußerung der Haut auf die UV-Lichtwirkung dar.

Das UV-Erythem ist charakterisiert durch sein Auftreten nach einer Latenzzeit, durch scharfe Begrenzung, mehrtägigen Verlauf und durch sein Abklingen unter Pigmentierung und Gewöhnung (KELLER, LANGEN, MIESCHER). Die Reaktion wird vornehmlich durch UV-Licht der Wellenlängen unterhalb $320\text{ m}\mu$ ausgelöst (HAUBER und VAHLE).

Seit FINSSEN die Bedeutung der UV-Strah-

len als Träger der erythembildenden Lichtwirkung erkannte, ist das Strahlenerythem in der UV-Lichttherapie zu einem Maß der Dosierung geworden (MIESCHER, TRONNIER). Es besteht Einigkeit darüber, daß die Erythemwirkung das einzige zuverlässige biologische Maß für jede UV-Einwirkung auf die Haut und damit auf den ganzen menschlichen Körper darstellt (WUCHERPENNIG). Hinsichtlich der begrifflichen Bestimmung dieses komplexen UV-Effektes unterscheiden sich jedoch die Ansichten verschiedener Autoren.

So wurden seither verschiedene Phasen der Erythemreaktion als Indikator für gleiche biologische Wirkung benutzt: der ganze Rötungsablauf (KELLER), ein bestimmter Rötungsgrad bzw. das Rötungsmaximum (HAUBER und VAHLE), der Rötungssprung (SCHALL und ALIUS) und die Erythemschwelle bzw. Erythemminimaldosis (BUSK).

Unter Zuhilfenahme aller dieser Methoden gelang es einer großen Zahl von Forschern, die das UV-Erythem bestimmenden Faktoren und seine Gesetzmäßigkeiten zu erkennen. Es zeigte sich, daß an einer Erythemreaktion teils Vorgänge beteiligt sind, welche in direkter Abhängigkeit von der Lichtintensität stehen, teils aber auch konstitutionelle Momente prägend mitwirken.

Unter diesen Gesichtspunkten wurden weitere Erythemversuche durchgeführt. Sie dienten sowohl zur Klärung des Einflusses konstitutioneller Faktoren auf die Lichtempfindlichkeit

als auch zu diagnostischen Zwecken und zur Prüfung der pharmakologischen und dermatotherapeutischen Beeinflussung der UV-Empfindlichkeit der Haut.

ELLINGER fand durch die Bestimmung des Schwellenerythems in der Lichtempfindlichkeit eine individuelle Konstante, die gesetzmäßige Schwankungen aufweist. Die Variationsbreite der individuellen Lichtempfindlichkeit wird von verschiedenen Autoren unterschiedlich angegeben. Nach BUSK ergibt sich ein Verhältnis von 1 : 4, nach BLUMENTHAL und BÖHMER ein solches von 1 : 12. SAIDMAN unterschied zwischen der UV-Empfindlichkeit Vorbestrahlter und Nichtvorbestrahlter, ebenfalls durch die Bestimmung des Erythemschwellenwertes. Für erstere ermittelte er ein Verhältnis von 1 : 150, für letztere ein solches von 1 : 75. Nach WUCHERPFENNIG, EHRLING und HEITE darf man Unterschiede in der UV-Empfindlichkeit von 1 : 10 beim Unvorbestrahlten annehmen. Diese Autoren konnten zudem die mit den theoretischen Vorstellungen und experimentellen Ergebnissen in Einklang stehende geringere Empfindlichkeit Vorbestrahlter statistisch sichern.

Im Geschlecht, in Haarfarbe, Lebensalter und dem Wechsel der Jahreszeiten ermittelte ELLINGER im Rahmen der 'lichtbiologischen Konstitutionsforschung' Faktoren, welche die Lichtempfindlichkeit bestimmen. Stärkere Schwankungen im Jahresverlauf beim weiblichen Geschlecht brachte ELLINGER mit dem menstruellen Zyklus in Verbindung.

Eine geringe Differenz der Lichtempfind-

lichkeit von Männern und Frauen steht in Einklang mit ähnlichen Ergebnissen von SAIDMAN, WUCHERPFENNIG und Mitarb. Sie ist nach den genannten Autoren aber so unbedeutend, daß die Lichtempfindlichkeit bei beiden Geschlechtern praktisch als gleich betrachtet werden kann.

Über den Einfluß der Haarfarbe sind die Meinungen geteilt. Während ELLINGER den blondhaarigen Personen eine bis 170 % höhere Sensibilität zuschreibt, stellen SAIDMAN, SCHALL und ALIUS, WUCHERPFENNIG und Mitarb. diesen Faktor als belanglos hin. Letztgenannte Autoren deuten einen geringen Unterschied dahingehend, daß bei gleicher Ausgangsempfindlichkeit der unvorbestrahlten Haut der Dunkelhaarige sich wiederholten UV-Bestrahlungen besser anzupassen vermag als der Blonde.

Übereinstimmend wird in der Literatur eine Abhängigkeit der Strahlenempfindlichkeit von der Jahreszeit beschrieben. Bei einer hohen Lichtempfindlichkeit von November bis März und einer geringen von April bis Oktober fanden WUCHERPFENNIG und Mitarb. niedrigste und höchste Erythemschwelle in März und April unmittelbar nebeneinander gelegen, so daß sich eine auffallend scharfe Grenze zwischen diesen Monaten ergibt. Nach ELLINGER dagegen erfolgt ein steiler Abfall der Lichtempfindlichkeit zwischen Mai und Juni und ein erneuter Anstieg im September. Zu dem gleichen Ergebnis kommen KNUDSEN und Mitarb., die ihren Untersuchungen die minimal colour dosis (m.c.d.) zugrunde legten und ebenfalls einen Abfall im

Mai feststellten. Eine hohe UV-Empfindlichkeit im Winter und Frühjahr bestätigen weiterhin die Arbeiten von DU MESNIL DE ROCHEMONT, SANCHEZ, WUCHERPFENNIG.

Erythemversuche mit dem Ziel, den Einfluß des Lebensalters auf die Lichtempfindlichkeit festzustellen, wurden von ELLINGER, SAIDMAN, SCHALL und ALIUS sowie von WUCHERPFENNIG und Mitarb. durchgeführt.

SCHALL und ALIUS wählten als Maß der Empfindlichkeit den Rötungssprung. Bei diesem Verfahren wird die Intensität der Rötung mit Hilfe von Ausgleichsfiltern festgelegt, welche neben dem Testort über der unbestrahlten Haut vorbeigeführt werden. SAIDMAN legte seinen Untersuchungen den Test sensitometrique automatique, eine der WUCHERPFENNIG'schen ähnelnde Methode der Erythemschwellenbestimmung, zugrunde.

SCHALL und ALIUS fanden in einer groben Einteilung ein Hautempfindlichkeitsmaximum in der Kindheit, ein Minimum zwischen dem 10. und 30. Lebensjahr und einen Wiederanstieg der Lichtempfindlichkeit in den folgenden Jahren. Die Ergebnisse von ELLINGER, SAIDMAN, WERNSDÖRFER, WUCHERPFENNIG und Mitarb. bestätigen eine hohe Sensibilität im frühen Kindesalter und eine relative Unterempfindlichkeit im Präpubertäts- und Pubertätsalter. Während sich nach SCHALL und ALIUS auch das dritte Lebensjahrzehnt durch geringe Lichtempfindlichkeit auszeichnet, besteht nach ELLINGER und SAIDMAN zwischen dem 20. und 50. Lebensjahr die höchste UV-Empfindlichkeit der

Haut. Beide Autoren führen dieses Verhalten auf innersekretorische Einflüsse, insbesondere auf die Funktion der Geschlechtsdrüsen zurück. Dagegen findet WUCHERPFENNIG bereits um das 40. Lebensjahr ein Absinken der Empfindlichkeit zu einem Minimum im 45. Lebensjahr. Einem erneuten Anstieg und sekundärem Empfindlichkeitsgipfel bei 65 Jahren folgt wiederum ein Abfall der Sensibilität. Von anderer Seite wird eine Konstanz der Lichtempfindlichkeit in dem Altersbereich von 19 bis 72 Jahren festgestellt, mit einem Anstieg erst in den nachfolgenden Lebensjahren (WUCHERPFENNIG und Mitarb.).

Nach WUCHERPFENNIG ist die Lichtempfindlichkeitskurve Vorbestrahlter entsprechend der stärkeren Gewöhnung in das Gebiet größerer Lichtmengen verschoben, ihre Form ähnelt jedoch der Kurve der Nichtvorbestrahlten.

BUSK wies als erster darauf hin, daß die Lichtempfindlichkeit verschiedener Körperregionen, gemessen an der Erythemschwelle, stark variiert. Weitere Untersuchungen über die regionäre UV-Empfindlichkeit der menschlichen Haut haben später DAHLFELD, KELLER, MIESCHER, SCHALL und ALIUS u.a. angestellt. Die gewonnenen Ergebnisse unterscheiden sich lediglich zahlenmäßig. Die Bedeutung dieser Untersuchungen liegt in ihrer Übereinstimmung in den wichtigsten Punkten. Es kann eine Gesetzmäßigkeit dahingehend festgestellt werden, daß am Stamm die Vorderseite im Vergleich zur Rückenseite etwas empfindlicher ist, daß der ganze Stamm gegenüber den Extremitäten eine wesentlich

höhere Empfindlichkeit zeigt und daß endlich an den Extremitäten die proximalen Bezirke empfindlicher sind als die distalen (SCHALL). MIESCHER konnte zeigen, daß das Verhältnis der Hornschichtdicken lichtgeschützter Körperregionen ein relativ gleichbleibendes ist, Entsprechendes gilt auch für das Verhältnis der Lichtsensibilitäten. Im Gegensatz dazu stehen Hornhautdicke und Strahlenempfindlichkeit zueinander in einem umgekehrten Verhältnis.

ELLINGER führt die regionären Empfindlichkeitsdifferenzen sowohl auf die Dicke der Hornschicht als auch auf die Zahl der Hautkapillaren zurück. So wird die von ihm festgestellte Parallelität der Erythemschwelle mit dem Verhalten der Hautkapillaren verständlich. Dieser Befund steht in Einklang mit den Ergebnissen von KRAIG und KOUNTZ. Gewisse Houteigenschaften lassen eine deutlichere Erythem-bereitschaft erkennen. Nach SCHALL und ALIUS ist weiße, rosige, feuchte Haut im Vergleich zu pigmentierter, trockener Haut durch höhere Rötungswerte charakterisiert.

SCHALL und ALIUS weisen jedoch darauf hin, daß Intensität und Ablauf des UV-Licht-erythems nicht allein eine Funktion des Reizes sind, da die Haut mit fast allen Organen des Körpers in engster Wechselbeziehung stehe. Auch die Reaktionsfähigkeit der Gefäße auf äußere Reize stellt keinen autonomen Vorgang dar, sondern nur im Zusammenhang mit einem intakten sensiblen Nervennetz ist das Gefäßsystem zur Eigentätigkeit befähigt (LEWIS).

Die auch an dauernd bedeckten Körperstel-

len auftretenden jahreszeitlichen Empfindlichkeitsänderungen deutete ELLINGER als vegetativ-nervöse, den Gesamtorganismus betreffende Tonusschwankungen. Für den großen Einfluß der inkretorischen Drüsen auf die Lichtempfindlichkeit sprechen auch die von ELLINGER erhobenen Befunde. Sie stellten eine Überempfindlichkeit bei Morbus Basedow, Thyreotoxikose, Diabetes mellitus und eine Unterempfindlichkeit bei Myxödem und bei Kastraten fest.

In Übereinstimmung damit fanden EDER und FREUND sowie GUTHMANN und NAGEL eine Sensibilitätssteigerung im Prämenstruum und während der Menstruation, wobei die letztgenannten Autoren jedoch eine Herabsetzung der Sensibilität im zweiten Teil der Menstruation bzw. im Postmenstruum als das eigentlich charakteristische des kurvenmäßigen Verhaltens darstellen.

Neben den bereits genannten Faktoren macht HEGEMANN für die Variabilität der Erythemschwelle die vasomotorische Reaktion auf Grund vegetativ-nervöser Erregungszustände verantwortlich. Nach SCHÖNICKE ist die Erythemschwelle allein Ausdruck der Reaktionslage des autonomen Nervensystems.

Den von TRONNIER durchgeführten Untersuchungen liegt die Messung der spektralen Remissionsänderung bestrahlter Hautfelder zugrunde. TRONNIER prüfte mit dieser Methode den Erythemablauf, die Qualität von Lichtschutzmitteln sowie den Einfluß nichtabsorbierender Stoffe und lokal angewandter Substanzen der Vitamin B-Gruppe auf die Erythemreaktion. Er konnte zeigen, daß unter den Lichtschutzmit-

teln die wäßrigen Präparate (Delial fettfrei, Delial Emulsion, Hamol ultra, Engadinapräparate u.s.w.) häufig eine deutlichere Erythemhemmung als fetthaltige Substanzen oder Öle (Tiroler Nußöl, Eukatol-Sonnenschutzöl, Hamol ultra-Crème) bewirkten, wobei zumeist auch die Pigmentbildung wesentlich reduziert war. Hingegen konnte bei lokal angewandten Vitamin B-Präparaten neben einem leichten allgemeinen Erythem-schutzeffekt eine Verschiebung des Verhältnisses Erythem/Pigment zugunsten der Pigmentierung nachgewiesen werden. Unter den nichtabsorbierenden Stoffen war eine Schutzwirkung der Sulfhydrylkörper gegenüber UV-Bestrahlung festzustellen, deren Ausmaß von dem Reduktionsvermögen der verwendeten Substanzen bestimmt wird.

Mit der gleichen Methode testete TRONNIER die Auswirkung extern applizierter Hormone, Gewebsextrakte und gefäßwirksamer Substanzen auf den Erythemablauf. Es ließ sich durch die Anwendung von Hydrocortisonsalben eine Abschwächung des Erythems mit einer relativen Verschiebung zugunsten der Pigmentierung erreichen. Cortisonsalben zeigten den gleichen Effekt bei nur angedeuteter Erythemhemmung. Durch gefäßkontrahierende Stoffe ließ sich die Erythemreaktion abschwächen, wobei sich Adrenalin wirksamer als Noradrenalin erwies.

Durch weitere Erythemversuche gelang es, Einblick in die Beeinflussung der Hautempfindlichkeit gegenüber UV-Licht durch andere dermatotherapeutische Faktoren zu erhalten. Eine Reihe von Behandlungsmethoden für verschiedene Dermatosen, die teils äußerlich, teils peroral und parenteral zur Anwendung kamen, wurden in

ihrer Auswirkung auf die Erythemschwelle untersucht (WERNSDÖRFER).

Es wurde festgestellt, daß durch verschiedene chemische Stoffe wie Arsen, Salvarsan, Quecksilbersalze eine zum Teil hochgradige Sensibilisierung gegenüber UV-Strahlen auftritt (BLUMENTHAL und BÖHMER).

In andersartigen Erythemversuchen wurde die gut definierte Erythemschwelle als biologischer Test zum einfachen und genauen Vergleich der Wirkungsweise verschiedener UV-Strahler direkt an der menschlichen Haut verwendet (HENSCHKE und SCHULTZE, MEYER und SEITZ, TRONNIER, WUCHERPFENNIG).

Die von ROTTIER durchgeführten Untersuchungen dienten der Differenzierung normal und abnorm reagierender Haut. Durch die Bestimmung der minimalen Erythemdosis (M.E.D.) für die Wellenlängen 250 und 300 m μ , auf welche die Haut besonders empfindlich reagiert, besteht die Möglichkeit, zwischen einer abnormen Empfindlichkeit und einer Empfindlichkeitssteigerung infolge vermindelter Hornschichtdicke zu unterscheiden.

Die folgenden Untersuchungen beschäftigen sich nun mit der UV-Lichtempfindlichkeit der Haut in Abhängigkeit von Lokalisation und Alter. Da einerseits die UV-Erythemreaktion eine der Möglichkeiten ist, welche es uns gestattet, die Reaktionsfähigkeit und Reaktionsweise der Haut zu prüfen (SOBOTKA) und da andererseits

ein Nachlassen der Gefäßfunktion mit zunehmendem Lebensalter zu erwarten ist, müßte die Erythemschwelle im Alter erhöht bzw. die UV-Lichtempfindlichkeit verringert sein.

In vergleichenden Untersuchungen wurde die Schwellenzeit des UV-Erythems der Haut in Abhängigkeit vom Alter an lichtexponierten und bedeckten Hautstellen bestimmt, um gleichzeitig eine Aussage über die unterschiedliche Geschwindigkeit des Alterns dieser Körperregionen machen zu können.

B. Über das Verhalten der Erythemschwellenzeit bei alternder Haut

1. Methode

Zur Festlegung der Erythemreaktion der Haut stehen eine Reihe von Methoden zur Verfügung, welche von der reinen Beobachtung bis zur genauen Messung reichen. Neben subjektiven Beobachtungsverfahren finden photographische Methoden und physikalisch exakte Messungen Verwendung. Unter den gegenwärtig gebräuchlichsten Verfahren ist neben den spektralen Remissionsmessungen, welche verhältnismäßig kostspielige und komplizierte Geräte erfordern, die Methode der Schwellenbestimmung des Erythems einfach und relativ genau.

Die Erythemschwellenbestimmung umgeht die meisten der den subjektiven Verfahren anhaftenden Schwierigkeiten, wie Festsetzung eines Standardrotes oder Grautones, Berücksichtigung der normalen Hautfarbe, Anfertigung von Rötungsskalen mit willkürlicher Stufenhöhe u.s.w.. WUCHERPFENNIG spricht von einer künstlichen Wellenlängenunabhängigkeit, da die Erythemschwelle nichts über den Rötungsgrad

und seine Steigerung bei weiterer Belichtung auszusagen hat. Diese Vorteile sind auf die Einführung des Begrenzungsbegriffes in die Definition zurückzuführen:

Die Erythemschwelle ist das durch die geringste UV-Strahlenmenge hervorgerufene Erythem, das gerade noch eine Abgrenzung des Feldes erlaubt. Es muß durch eine Strahlenmenge hervorgerufen werden, die 20 % größer ist als die des vorhergehenden, nicht mehr sichtbaren Feldes der Strahlentreppe (WUCHERPFENNIG).

In Anlehnung an die Ergebnisse von SCHALL und ALIUS erfolgte die Bestimmung des Schwellen-erythems sechs und 24 Stunden nach der Testbestrahlung.

Es ist zu berücksichtigen, daß Erythemschwelle und Lichtempfindlichkeit in einem reziproken Verhältnis zueinander stehen: einer niederen Erythemschwelle, gemessen in Sekunden, entspricht eine hohe Lichtempfindlichkeit und umgekehrt.

Die Erythemschwelle ist kein Maß der gesamten Lichtreaktion der Haut, also des Rötungsablaufes. Die verschiedenen Reaktionsphasen lassen sich nur auf physikalischem Wege durch die kontinuierliche Messung der Strahlenremission in wenigstens zwei Spektralbereichen exakt bestimmen. In diesen Versuchen kam es jedoch darauf an, die Reaktionsfähigkeit der Haut nach UV-Bestrahlung überhaupt und damit letztlich auch die Funktionsfähigkeit der feinsten Gefäß-

abschnitte an lichtexponierter und bedeckter Haut in Abhängigkeit vom Alter zu erfassen.

Apparatur

Als Strahlenquelle zur Erzeugung des UV-Erythems diente eine Kromayerlampe, Brenner-Typ S 500, mit einer absoluten Bestrahlungsstärke im UV-B von $1,33 \times 10^{-3} \text{ cal/cm}^2 \times \text{Min.}$, gemessen in einem Meter Abstand.*

Zur Bestimmung des Erythemschwellenwertes wurde eine Sektorentreppe nach MATHIESEN und WUCHERPFENNIG benutzt. Bei diesem Gerät befinden sich in einer Rundplatte radiär angeordnet in einem Abstand von 1,5 mm acht nebeneinanderliegende 6 x 9 mm große Ausschnitte. Von der Testbestrahlung wird also insgesamt ein 5,85 x 0,9 cm großer Hautstreifen erfaßt. Über den Ausschnitten dreht sich eine elektrisch betriebene Sektorenscheibe. Diese ist so geschnitten, daß jedes bestrahlte Hautfeld infolge der durch Rotation der Scheibe bedingten Lichtschwächung von außen nach innen eine genau 20 % geringere Strahlenmenge erhält. Durch eine mit einer Feder versehene Klappe können alle Felder gleichzeitig zur Bestrahlung freigegeben oder bedeckt werden.

Die Sektorentreppe ermöglicht eine belie-

* Für die Messung der absoluten Bestrahlungsstärke möchte ich der Quarzlampengesellschaft Hanau hiermit danken.

bige Ausdehnung der Bestrahlungszeit. Aber auch bei kurzzeitiger Strahleneinwirkung wird dann noch eine richtige Stufung der Strahlenreize erreicht, wenn während der Bestrahlung Intensitätsschwankungen der Strahlenquelle auftreten sollten, da alle acht Felder gleichmäßig betroffen werden. Die 20 %ige Progression der Strahlenreize von Feld zu Feld entspricht der von WUCHERPFENNIG geforderten geometrisch fortschreitenden Belichtungszeit.

Versuchsanordnung

Die Versuche wurden im Februar 1963 aufgenommen und Anfang Mai beendet.

Testbestrahlung und Ablesung der Erythemschwelle erfolgten in einem geschlossenen Raum bei einer Temperatur von 20 bis 22°C, so daß die UV-Hyperämie durch Temperaturschwankungen nicht beeinflußt werden konnte. Die Versuchspersonen waren stationäre und ambulante Patienten der Dermatologischen Universitätsklinik Marburg an der Lahn. Patienten beiderlei Geschlechts wurden etwa gleich häufig zu den Versuchen herangezogen. Die Probanden hatten sich in einem Mindestzeitraum von sechs Monaten vor den Untersuchungen nicht in besonderer Weise der Sonne exponiert und waren auch nicht aus therapeutischen oder kosmetischen Gründen vorbestrahlt. Sie wiesen keine Drüsenstörungen auf, waren fieberfrei und an den Teststellen hautgesund. Es wurde weiterhin darauf geachtet, daß die Versuchspersonen nicht unter dem Ein-

fluß gefäßerweiternder oder die Gefäßreaktion beeinflussender Medikamente standen.

Die Teststellen waren hinreichend lange Zeit nicht durch externe Maßnahmen in ihrer Beschaffenheit verändert worden. Die Testbestrahlungen erfolgten zwischen 9 und 12 Uhr, die Bestimmung des Schwellenerythems nach sechs und 24 Stunden bei Tageslicht. Während der Erythementwicklung und vor den Ablesungen wurde jede Irritation der bestrahlten Hautstellen vermieden.

In der Versuchsreihe wurden an 83 Personen insgesamt 1.162 Einzelbestimmungen nach der angegebenen Methode vorgenommen. Jede Versuchsperson wurde an folgenden sieben Hautstellen getestet:

1. Stirn (Mitte) und Handrücken als ständig lichtexponierte Hautstellen,
2. Rücken (unterer Schulterblattwinkel), Oberarm (Mitte, Außenseite), Oberschenkel (ca. 10 cm unterhalb der Leistenbeuge) als nicht-lichtexponierte Hautpartien und
3. Unterarm (Mitte, Außenseite) und Wade (Mitte) als in unterschiedlichem Ausmaß lichtexponierte Hautareale.

Die Bestrahlung erfolgte an dem in bequemer Haltung gelagerten Patienten. Die Sektorentreppe wurde mit geschlossener Klappe ohne Druck auf die zu prüfende Hautstelle waagerecht aufgelegt und durch Sandsäckchen seitlich gestützt. Eine Tuchabdeckung der übrigen Hautpar-

tien verhinderte jede weitere Strahleneinwirkung auf den Körper der Versuchsperson. Die während dieser Vorbereitungen bereits in Betrieb befindliche Kromayerlampe wurde nach einer Einbrenndauer von 20 Min. lotrecht über die Sektorenscheibe gebracht, so daß bei einem Brenner-Hautabstand von genau einem Meter der Strahleneinfall senkrecht erfolgte. Durch die Bedienung der Verschlußklappe konnte danach die Bestrahlung eingeleitet und beendet werden. Die in Abhängigkeit von den verschiedenen Teststellen unterschiedlich langen Bestrahlungszeiten wurden durch die parallel laufende Zeitnahme mit einer Stoppuhr registriert. Die Versuche wurden an jeder Teststelle in einem Abstand von einem Zentimeter doppelt ausgeführt, um eine möglichst genaue Bestimmung des Schwellenwertes zu erreichen.

Methodik und Apparatur waren in allen Versuchen gleich, so daß eventuelle Fehler in alle Ergebnisse eingehen und deshalb unberücksichtigt bleiben können. Die technischen und physikalischen Fehlerquellen, wie z.B. das Altern des Brenners oder Unregelmäßigkeiten in der Stromzufuhr sind jedoch weit geringer im Vergleich zu den individuellen Schwankungen der Empfindlichkeit (WUCHERPFENNIG).

Die Ergebnisse wurden nach den üblichen Regeln der Streuungs- und Signifikanzberechnung (GEBELEIN und HEITE) ausgewertet;

1. Es wurde das arithmetische Mittel nach der Formel

$$m = \frac{\sum_1^n a_n}{n}$$

für die verschiedenen Altersgruppen (11 bis 30 Jahre, 31 bis 60 Jahre, über 60 Jahre) errechnet.

2. Es wurde die Streuung σ des Kollektivs berechnet nach der Formel

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (m - a_n)^2}{n - 1}}$$

3. Es wurde der Quotient Q zur Prüfung der Signifikanz errechnet nach der Formel

$$Q = \frac{m_1 - m_2}{\sqrt{\frac{\sigma_1}{n_1} + \frac{\sigma_2}{n_2}}}$$

4. und an der Prüfgröße Z

$$Z = 3 + \frac{10}{n_1 + n_2}$$

gemessen.

Signifikanz liegt vor, wenn Q größer ist als Z .

2. Untersuchungsergebnisse

Der graphischen Darstellung der Lichtem-

pfindlichkeit verschiedener Hautpartien in Abhängigkeit vom Lebensalter wurde zunächst eine Zusammenstellung der Probanden in Altersdekaden (11 bis 20 Jahre, 21 bis 30 Jahre, 31 bis 40 Jahre, 41 bis 50 Jahre, 51 bis 60 Jahre, 61 bis 70 Jahre, über 70 Jahre) zugrunde gelegt. Die so gewonnenen Kurvenbilder führten dann zu einer Einteilung der Probanden in folgende Altersgruppen:

1. 11 bis 30 Jahre
2. 31 bis 60 Jahre
3. über 60 Jahre,

wobei Geschlecht und Haarfarbe unberücksichtigt blieben.

Wie Abb. 1 zeigt, weist die Lichtempfindlichkeit nicht nur in den einzelnen Altersgruppen, sondern auch in Abhängigkeit von der Hautstelle zum Teil erhebliche, aber charakteristische Unterschiede auf. Entsprechende Hautpartien zeigen hingegen in allen Altersgruppen ein identisches Verhalten. Gleichbleibend ist in allen Altersgruppen und an den verschiedenen Teststellen auch die Relation des 6- und 24-Stundenwertes der Erythemschwelle. Die zur Erzeugung eines nach 24¹ Stunden erkennbaren Schwellenerythems erforderliche Bestrahlungsdosis wurde durchschnittlich um 37,5 % höher liegend gefunden als die des 6-Stunden-Schwellenerythems.

In der Altersgruppe der 11- bis 30-jährigen beträgt der mittlere Schwellenwert des Erythems, bestimmt nach sechs Stunden an der Stirn 22,7 Sekunden, am Rücken 26,2 Sekunden, am Oberarm 40,0 Sekunden, am Unterarm 79,0 Sekunden, am Handrücken 236,7 Sekunden und an der Wade 90,1 Sekunden. Bei größter Lichtempfindlichkeit der Stirn in dieser Altersgruppe zeigt die graphische Darstellung ein stetiges Absinken der Sensibilität vom Rücken als zentraler Hautpartie nach distal, sowohl über den Oberarm und Unterarm zur Hand als auch zum Oberschenkel und zur Wade.

Das gleiche charakteristische Verhalten ist auch in den Altersgruppen der 31- bis 60-jährigen zu erkennen.

Mit fortschreitendem Lebensalter, in der Altersgruppe der 31- bis 60-jährigen, findet sich eine allgemeine Erhöhung der Erythemschwelle bzw. Verminderung der Lichtempfindlichkeit. Die mittleren Erythemschwellenwerte nach sechs Stunden betragen an der Stirn 29,7 Sekunden, am Rücken 29,3 Sekunden, am Oberarm 52,7 Sekunden, am Unterarm 107,8 Sekunden, am Handrücken 331,3 Sekunden, am Oberschenkel 78,6 Sekunden und an der Wade 91,7 Sekunden.

In der Altersgruppe der über 60-jährigen ist ein Rückgang der Erythemschwellenwerte an den nicht-lichtexponierten Hautpartien zu erkennen, so daß sich eine der 11- bis 30-jährigen Altersgruppe gleichende Lichtempfindlichkeit ergibt, während die Erythemschwelle an lichtexponierten Hautstellen eine weitere Steigung aufweist. Die mittleren Erythemschwellen-

werte nach sechs Stunden betragen an der Stirn 35,7 Sekunden, am Rücken 26,3 Sekunden, am Oberarm 43,1 Sekunden, am Unterarm 70,7 Sekunden, am Handrücken 419,8 Sekunden, am Oberschenkel 65,4 Sekunden und an der Wade 70,7 Sekunden.

Beim Vergleich der Lichtempfindlichkeit lichtexponierter und bedeckter Hautpartien in Abhängigkeit vom Alter wird deutlich, daß die Lichtempfindlichkeit der erstgenannten in der Altersgruppe der 11- bis 30-jährigen relativ hoch ist und ein vergleichbares Verhältnis zur Lichtempfindlichkeit bedeckt getragener Hautstellen besteht.

In der Altersgruppe der 31- bis 60-jährigen steigt die Erythemschwelle sowohl an der nicht-lichtexponierten als auch an der lichtexponierten Haut an. Die Lichtempfindlichkeit ist in dieser Altersgruppe also insgesamt herabgesetzt. Bereits jetzt findet sich eine auffällige Erhöhung der Erythemschwelle am Handrücken und auch an der Stirn ist sie deutlich angestiegen.

In der folgenden Altersgruppe der über 60-jährigen ist dieses Verhalten in noch ausgeprägterem Maße zu erkennen. Während an nicht-lichtexponierter Haut ein Ansteigen der UV-Empfindlichkeit in einem an den verschiedenen Testorten miteinander vergleichbarem Verhältnis sichtbar wird, ist die Lichtempfindlichkeit der Stirn in einem entsprechenden Maße weiter abgesunken. Eine Relation zwischen der altersbedingten Veränderung der Schwellenwerte

dieser Teststellen und dem Anstieg der Erythemschwelle am Handrücken ist jedoch nicht mehr erkennbar, die Lichtempfindlichkeit ist hier extrem herabgesetzt.

Unterarm und Wade als in unterschiedlichem Ausmaß lichtexponierte Hautpartien zeigen insgesamt ein den nicht-lichtexponierten Hautstellen gleichendes Verhalten und werden im folgenden dieser Gruppe zugerechnet.

Das bisher geschilderte altersabhängige Verhalten der Lichtempfindlichkeit an den verschiedenen Testorten wird in den kurvenmäßigen Darstellungen im einzelnen noch deutlicher (Abb. 2 bis 8).

Die Kurven der 6- und 24-Stunden-Schwellenwerte zeigen an allen Teststellen einen annähernd parallelen Verlauf, wobei die letzteren im Bereich größerer Bestrahlungszeiten liegen. Die der Teststelle des Rückens entsprechenden Erythemschwellenkurven (Abb. 2) steigen nur in der Altersdekade der 41- bis 50-jährigen zu einem flachen Maximum an, während sich in den vorausgehenden und folgenden Altersdekaden ein nahezu horizontaler Kurvenverlauf ergibt. Die Lichtempfindlichkeit dieser Hautpartie ist während des ganzen Lebens also weitgehend konstant.

Die den Teststellen des Ober- und Unterarmes entsprechenden Kurven der Erythemschwellenwerte (Abb. 3 und 4) zeigen insofern einen gleichen Verlauf als auch ihnen ein Anstieg zu einem Maximum in der Altersdekade der 41-

bis 50-jährigen gemeinsam ist. Der Kurvenanstieg erfolgt am Oberarm von der 3. zur 4. Altersdekade relativ flach, während er am Unterarm bereits zwischen der 2. und 3. Altersdekade sehr steil beginnt und im Vergleich zu den Kurven des Oberarmes wesentlich höhere Maxima erreicht. Entsprechend fallen die Schwellenkurven des Oberarmes allmählich, die des Unterarmes steil zu höherem Lebensalter hin ab. Bei hoher Lichtempfindlichkeit des Oberarmes in den Altersstufen von 11 bis 30 Jahre und über 70 Jahre, des Unterarmes von 11 bis 20 Jahre und über 70 Jahre ist diese während der mittleren Lebensjahre gering.

Die der Teststelle des Oberschenkels entsprechenden Erythemschwellenkurven (Abb. 5) zeigen einen den Kurven des Rückens und Oberarmes ähnlichen Verlauf. Bei geringen Schwankungen in den ersten vier Altersdekaden steigen sie zur 5. Altersdekade deutlich an, um nach einem Maximum zwischen dem 41. und 50. Lebensjahr in den folgenden Altersdekaden gleichmäßig abzufallen. Einer gleichbleibenden mittleren Lichtempfindlichkeit bis zum 40. Lebensjahr folgt somit eine Herabsetzung in der 5. Altersdekade und ein stetiger Anstieg während des Involutions- und Greisenalters.

Die der Wade als Teststelle entsprechenden Erythemschwellenkurven (Abb. 6) sind in ihrem ersten Teil mit den Kurven des Unterarmes vergleichbar. Auch sie steigen von der 2. zur 3. Altersdekade steil an, sinken jedoch nach einem plateauartigen Verlauf von der 5. zur 6. Altersdekade abrupt auf niedrige Werte ab,

während die Erythemschwellenkurven des Unterarmes von einem Maximum in der 5. Altersdekade gleichmäßig zum höchsten Alter hin abfallen. Bei einer relativen Unempfindlichkeit vom 21. bis 50. Lebensjahr steigt die Lichtempfindlichkeit an der Wade um das 50. Lebensjahr plötzlich auffallend stark an und ändert sich in den folgenden Jahren nur noch unwesentlich.

An allen nicht-lichtexponierten Hautpartien ist somit ein Minimum der UV-Lichtempfindlichkeit in der Altersdekade der 41- bis 50-jährigen festzustellen. Während jedoch an der oberen Extremität die Lichtempfindlichkeit in den folgenden Altersdekaden gleichmäßig ansteigt, erfolgt an der unteren Extremität, am ausgeprägtesten an der Wade, ein jähher Anstieg von der 5. zur 6. Altersdekade.

In völlig anderer Weise ändert sich die Lichtempfindlichkeit der lichtexponierten Hautbezirke.

Die den beiden Testorten Stirn und Handrücken entsprechenden Erythemschwellenkurven (Abb. 7 und 8) steigen von der Altersdekade der 11- bis 20-jährigen mit zunehmendem Lebensalter gleichförmig an. Während die Schwellenkurve der Stirn in der Altersdekade der 61- bis 70-jährigen ein Maximum erreicht, mit einem angedeuteten Abfall nach späteren Lebensjahren, weist die Erythemschwellenkurve des Handrückens in diesem Altersbereich einen weiteren maximalen Anstieg auf. Dieser Kurvenverlauf entspricht einer kontinuierlichen Abnahme der Lichtempfindlichkeit von der Jugend bis in das hohe Alter ohne eine Betonung der mittleren Altersgruppe, wie sie an den bedeckten Hautpartien gefunden wurde.

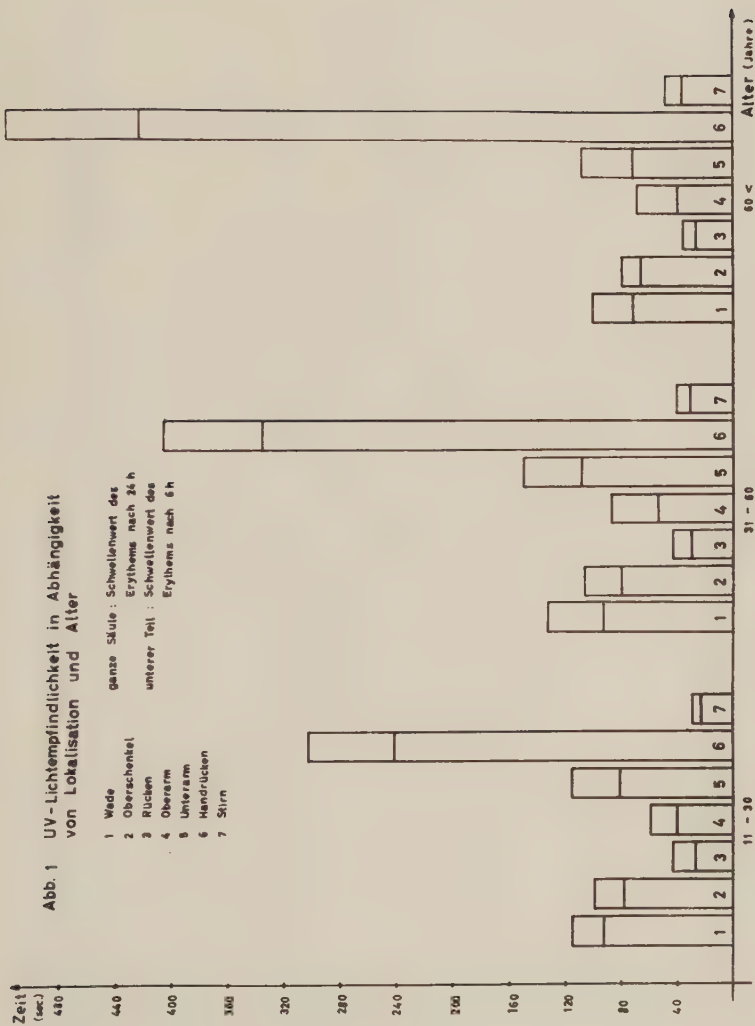


Abb. 2 Erythemschwellenzeit in Abhängigkeit
von Lokalisation und Alter

Rücken

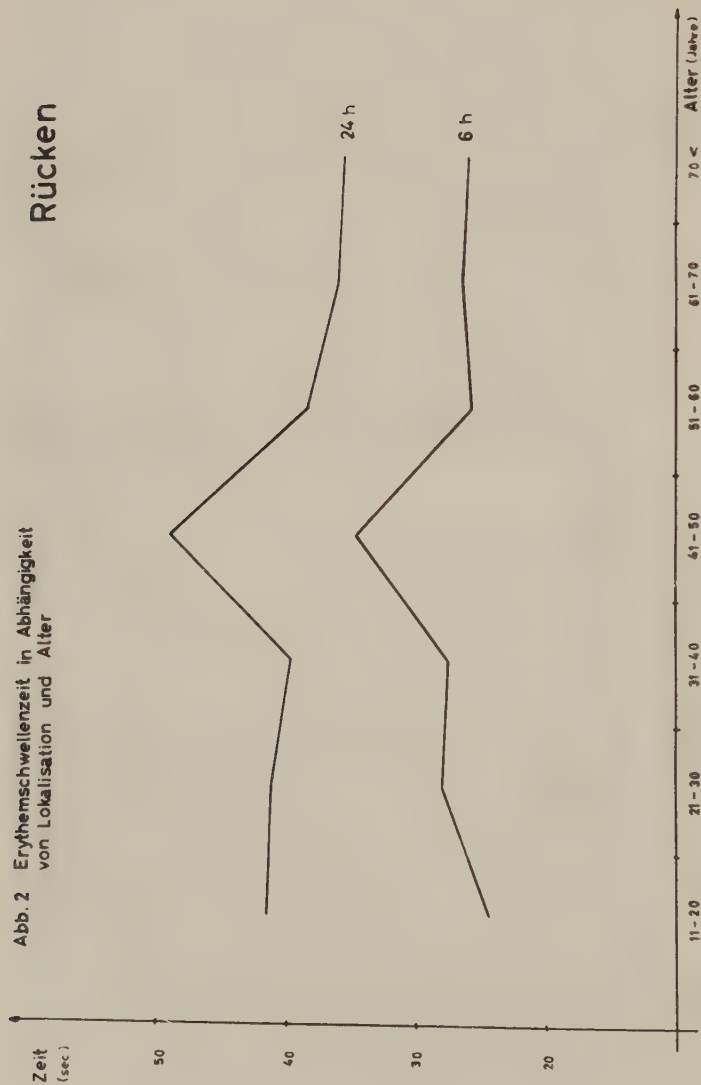
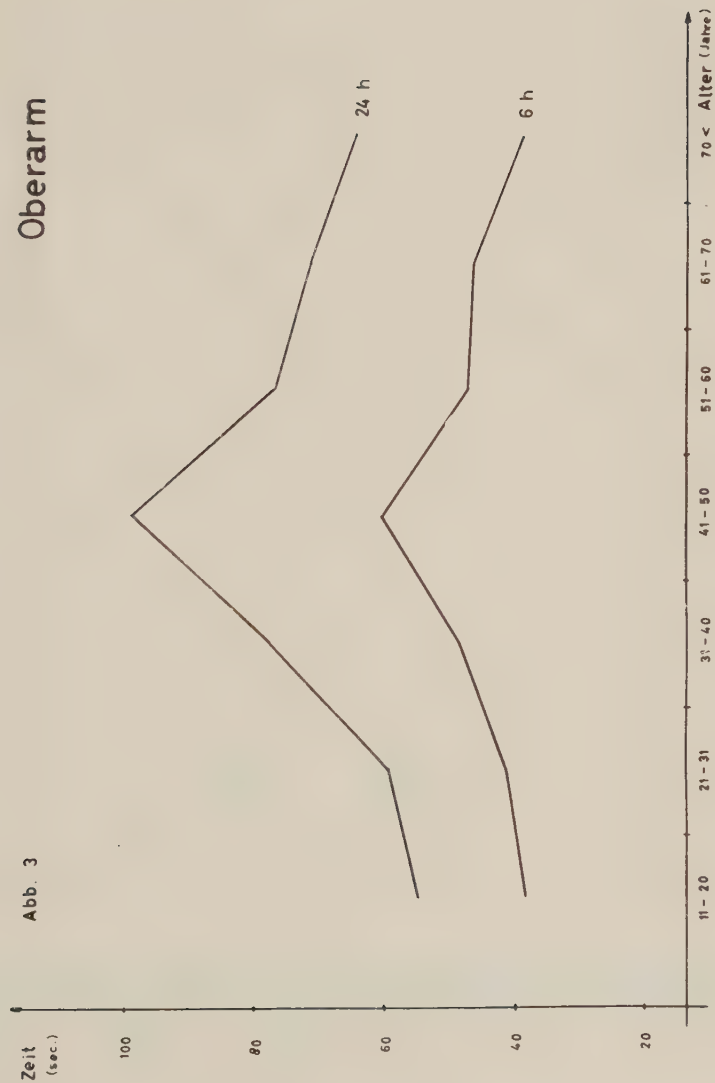


Abb. 3

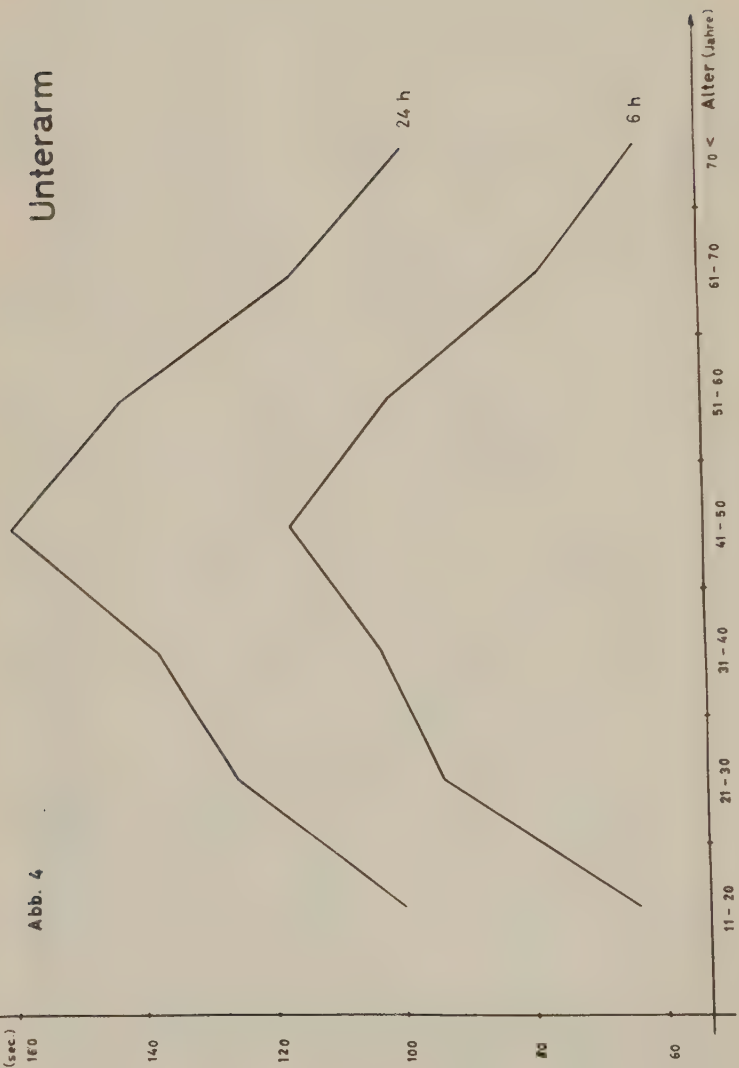
Oberarm

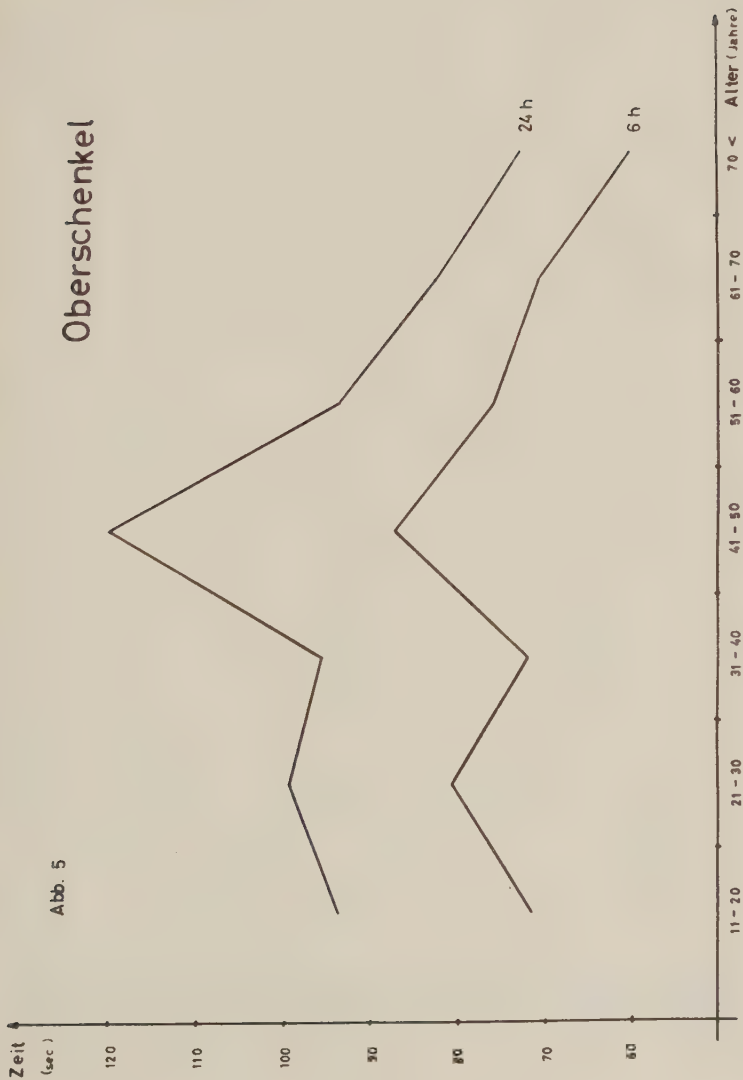


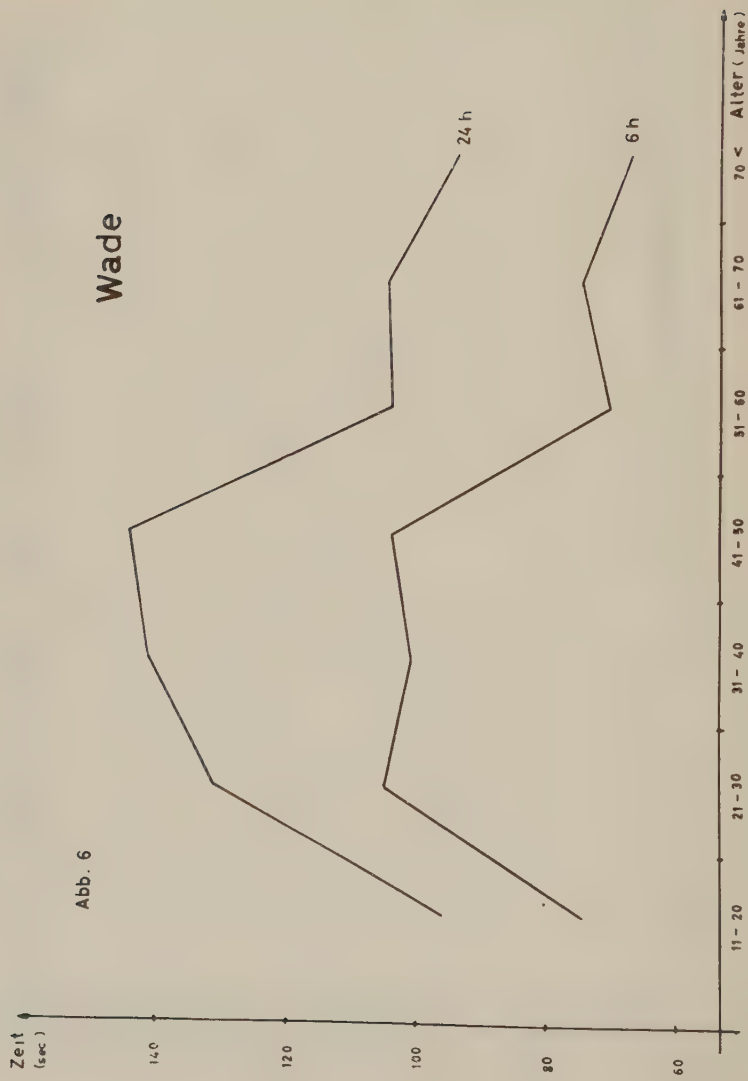
Zeit
(sec.)

Abb. 4

Unterarm

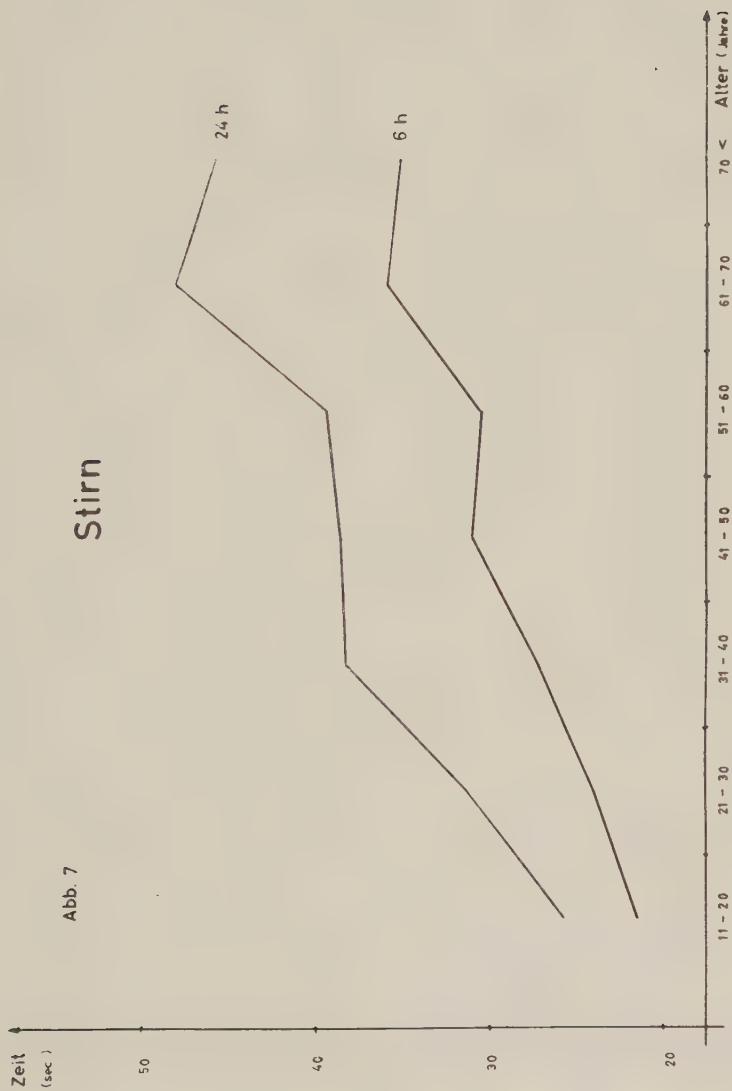


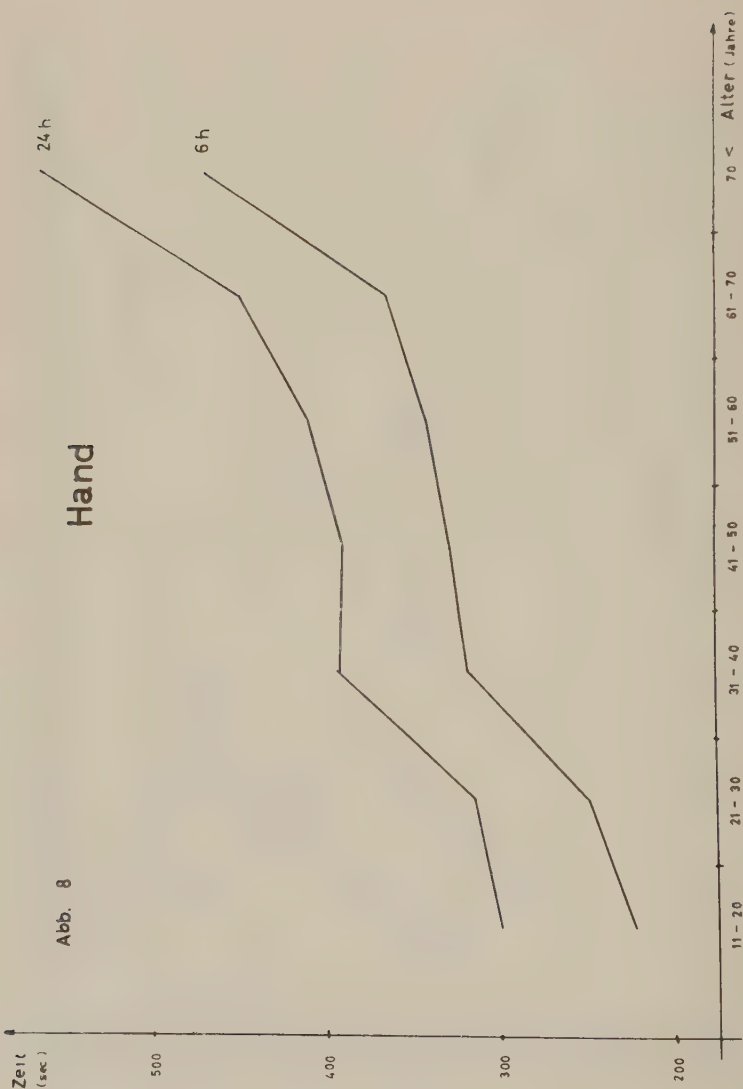




Stirn

Abb. 7





	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70	über 70 Jahre
Rücken	30 25 25 31 38 39 15 16 19 16 19 19	16 16 20 20 16 19 19 20 60 19 60 38 39 31	38 38 38 31 25 25 16 25 20 21 26 26	31 31 31 32 39 39 77 25 25 25 26	31 31 31 26 26 21 21 25 25 25 25 24	31 16 38 20 20 31 16 31 48 20 20	37 25 13 25 31 25 31 19 24 31
Stirn	19 25 20 16 16 16 38 38 16 16 16	30 25 30 38 30 20 20 20 15 20 20 20	31 19 31 30 25 25 24 25 30 30 30	19 25 25 25 24 25 62 46 24 38 30	62 29 19 21 30 24 39 31 25 37 30 21	86 24 25 25 25 25 38 58 16 39	49 31 46 37 25 46 25 17 19 58
Oberarm	25 25 32 32 31 39 39 41 48 51 49 49	134 20 24 24 38 38 38 21 37 46 39 38 46	39 30 32 39 25 32 74 98 47 39 94 39	120 25 31 39 47 47 62 69 69 69 96	25 32 32 39 44 62 46 49 49 59 62 62 62	62 46 59 92 55 37 46 24 39 31 25	98 25 32 32 39 39 39 39 38 21 31
Unterarm	108 31 32 44 123 44 35 39 131 44 77 60	120 38 49 59 123 64 71 79 138 79 98 150 154	120 31 63 173 154 63 50 108 108 123 173	154 63 79 86 192 98 50 79 240 98 154	240 41 44 74 134 79 98 86 108 96 108 111 111	108 50 55 38 168 50 50 179 111 74	79 98 63 47 50 98 55 47 63 55 40
Hand	48 336 261 269 261 120 77 230 230 360 288 261	135 192 192 210 246 269 270 330 330 326	240 261 292 326 346 292 346 346 346 338 384	221 346 384 326 326 384 369 276 346	192 210 230 346 338 461 365 365 365 384 384 480	173 307 308 346 399 346 360 360 430 480 528	295 369 369 384 672 576 576 460 480 480 538
Ober- schenkel	108 60 96 77 168 38 59 47 49 38 47	120 77 77 74 123 74 55 44 38 96 96 96	120 62 47 44 120 39 96 79 74 62 62 62	115 49 62 74 210 62 74 69 74 77 96	150 25 39 44 55 62 86 74 77 92 96 96 96	120 74 72 84 120 92 39 47 38 55 39	115 28 38 39 39 39 47 62 79 79 86
Wade	123 48 86 63 134 59 62 31 63	120 120 192 173 120 69 63 50 89 63	123 192 173 138 123 86 79 59 63 63 63 50	210 144 134 123 123 92 92 63 63 50 50	168 44 44 38 123 38 55 59 62 69 69 74	115 86 63 96 123 44 55 59 57 59 63	44 47 50 55 55 63 69 86 108 86

Schwellenwerte des Erythems nach 24 Stunden
in Abhängigkeit von Lokalisation und Alter

	11 - 20	21 - 30	31 - 40	41 - 50	51 - 60	61 - 70	über 70 Jahre
Rücken	20 60 38 60 24 37 48 38 62 37 38 37	25 25 31 77 62 39 38 48 49 46 24 31	25 62 39 38 37 38 62 49 31 33 33 31	32 39 77 41 39 62 39 48 77 49 39	48 39 25 39 21 33 62 62 39 33 30 31	39 31 20 25 49 48 39 60 25 25	62 31 19 33 49 49 31 38 20 25
Stirn	24 51 31 20 25 22 25 25 16 20 25	31 31 31 24 25 24 48 23 37 46 37 20	30 37 37 31 46 38 46 46 38 37 37	72 30 38 30 25 30 46 30 38 30 58	77 77 19 30 24 37 21 49 48 38 37 37	108 46 58 30 37 72 31 25 30 46	49 38 31 46 25 72 72 58 38 41 38
Oberarm	31 92 77 39 64 39 38 77 39 48 63	168 25 58 60 58 74 60 37 72 46 30 47 41	115 77 62 39 115 72 44 49 144 49 62 115	134 90 39 92 115 59 34 134	120 32 77 96 120 77 49 39 120 72 92 39 77	115 62 47 49 144 59 58 74 74 62 49	123 62 49 49 115 77 77 62 51 25 32
Unterarm	168 163 154 154 154 48 62 31 55 72 43	240 192 154 150 150 111 96 72 64 90 98 98	216 108 150 216 196 123 154 150 62 98 86 98	134 123 154 154 123 154 192 240 240 192 63	108 150 173 123 134 173 210 128 240 168 74 51	210 192 138 115 168 115 79 55 74 59 79	154 55 59 98 123 98 86 92 115 98 115
Hand	288 360 336 336 288 360 326 326 326 60	210 330 240 540 307 330 216 300 330 326 326	240 432 432 528 384 365 432 408 365 326 432	408 307 540 480 408 276 346 461 348 346	240 512 600 384 570 576 230 210 422 365 365 480	216 420 480 480 430 512 360 540 660 499 384	576 576 720 900 538 480 480 384 672 461 461
Ober- schenkel	115 168 168 134 62 55 47 47 96 47	120 154 120 120 120 92 96 69 47 96 74 86	120 115 120 120 92 96 69 92 62 92 77 96	144 120 115 210 144 120 115 108 96 62 92	108 168 108 115 74 62 96 55 96 55 96 96	115 144 59 60 96 84 55 96 77 39	115 120 62 47 44 49 98 98 35 74 62
Wade	168 154 96 96 59 39 98 55 98	120 108 154 154 150 192 216 123 63 89 79	168 240 173 154 154 154 173 154 79 98 63 92	144 123 123 144 123 192 240 210 192 39 63	210 154 108 144 108 108 77 62 69 47 59	168 123 123 123 154 96 55 59 74 74	144 154 108 108 63 86 49 55 96 86 86

Die statistische Auswertung dieser Ergebnisse zeigt beim Vergleich der 11- bis 30-jährigen und der über 60-jährigen signifikante Unterschiede der UV-Lichtempfindlichkeit an den lichtexponierten Hautpartien (Stirn und Handrücken). Beim Vergleich der 11- bis 30-jährigen mit der 31- bis 60-jährigen Altersgruppe war die Lichtempfindlichkeit nur am Handrücken signifikant herabgesetzt, während sich an der Stirn ein gerade noch nicht durch die Signifikanz zu sichernder Unterschied ergab. Beim Vergleich der 31- bis 60-jährigen mit der über 60-jährigen Altersgruppe war die Lichtempfindlichkeit nur am Handrücken signifikant herabgesetzt. An den bedeckten Körperstellen (Rücken, Oberarm, Oberschenkel, ebenso Unterarm, Wade) ließ sich nur an der Teststelle des Oberarmes beim Vergleich der 11- bis 30-jährigen mit der 31- bis 60-jährigen Altersgruppe ein signifikantes Absinken der Lichtempfindlichkeit, gemessen an der 24-Stunden-Erythemschwelle, erkennen. Weiterhin zeigte sich beim Vergleich einer 21- bis 50-jährigen mit einer über 50-jährigen Altersgruppe eine signifikante Erhöhung der UV-Lichtempfindlichkeit an der Wade.

3. Besprechung der Ergebnisse

Die Versuchsergebnisse und ihre graphische Darstellung lassen erkennen, daß sich die UV-Lichtempfindlichkeit der Haut mit zunehmen-

dem Alter in Abhängigkeit von der Lokalisation unterschiedlich ändert. Während an den unbedeckten Hautpartien die Lichtempfindlichkeit - geprüft an der Erythemschwelle - stetig abnimmt, findet sich an der nicht-lichtexponierten Haut ein Empfindlichkeitsminimum in der 5. Altersdekade bei größerer Lichtempfindlichkeit in den vorausgehenden und folgenden Lebensjahren. Darüber hinaus zeigt die Haut der oberen Extremitäten bei geringer Lichtempfindlichkeit in einem Altersbereich von 31 bis 60 Jahre eine gleichmäßige Empfindlichkeitszunahme bis ins hohe Alter, die der unteren Extremitäten eine geringe Lichtempfindlichkeit zwischen dem 21. und 50. Lebensjahr und einen plötzlichen Anstieg zur folgenden Altersdekade. Signifikante Unterschiede ergaben sich an den lichtexponierten Teststellen (Stirn und Handrücken) bei 11- bis 30-jährigen im Vergleich zu über 60-jährigen Probanden sowie am Handrücken beim Vergleich der 11- bis 30-jährigen mit der 31- bis 60-jährigen und dieser mit der über 60-jährigen Altersgruppe. Im Bereich der nicht-lichtexponierten Haut konnte nur am Oberarm zwischen 11- bis 30-jährigen und 31- bis 60-jährigen und an der Wade bei 21- bis 50-jährigen im Vergleich zu über 50-jährigen ein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Der Einfluß lokalisationsabhängiger Altersveränderungen auf die UV-Erythemreaktion

Diesem unterschiedlichen Verhalten der

UV-Lichtempfindlichkeit mit fortschreitendem Alter müssen Veränderungen der Haut, welche die Erythemreaktion beeinflussen, zugrunde liegen, wobei in besonderer Weise die licht-exponierten Hautpartien betroffen sind.

Die bereits makroskopisch in Erscheinung tretenden morphologischen Altersveränderungen der Haut sind am ausgeprägtesten an den licht-exponierten Körperpartien zu finden, während sie an bedeckt getragenen Körperstellen in sehr viel geringerem Ausmaß auftreten (WAGNER). HEVELKE konnte an den Armarterien zeigen, daß eine größere funktionelle Beanspruchung in einem beschleunigten Alternsvorgang zum Ausdruck kommt. Die dauernde Exposition ungeschützter Körperstellen, nicht nur gegenüber Licht und Witterungseinflüssen, sondern auch gegenüber einer Vielzahl anderer Noxen, wie sie besonders an den Händen angreifen, muß als eine erhöhte funktionelle Beanspruchung der Haut und ihrer Gefäße angesehen werden und als eine Ursache für ihr beschleunigtes Altern an den lichtexponierten Partien.

Andererseits konnte MIESCHER zeigen, daß eine fortgesetzte Strahleneinwirkung eine beträchtliche Herabsetzung der Hautempfindlichkeit durch vermehrte Hornbildung zur Folge hat. Diese als Schwielenbildung bekannte Verbreiterung des Hornlagers ist jedoch nicht für Licht spezifisch, sondern wird ebenso durch andere Noxen angeregt.

Die aufgezeigten Gefäßveränderungen, die

vorwiegend durch eine Volumenvergrößerung, Sklerosierung und zahlenmäßige Verminderung bei gleichzeitiger Strukturänderung der umgebenden mesenchymalen Gewebe gekennzeichnet sind, könnten einen Grund für das kontinuierliche Absinken der UV-Lichtempfindlichkeit lichtexponierter Haut infolge mangelhafter Funktionsfähigkeit der Gefäße darstellen. Gleichsinnig wirkt die erhöhte Schutzkraft eines verbreiterten Hornlagers an diesen Partien. Möglicherweise ist die verringerte Erythembereitschaft dieser Hautbezirke im Alter zusätzlich auf eine Verlangsamung des Blutumlaufes (MATTHES und Mitarb.) als Folge allgemeiner Gefäßektasie und eines verminderten Minutenvolumens zurückzuführen (BÜRGER, DYCK). Da die altersbedingte zahlenmäßige Verminderung der Gefäße und ihre Erweiterung hauptsächlich die lichtexponierte Haut betreffen, müßte hier die verminderte Strömungsgeschwindigkeit besonders ausgeprägt in Erscheinung treten.

Primäre und sekundäre UV-Strahlenwirkung

Die dem UV-Lichterythem zugrunde liegende Gefäßerweiterung ist sekundärer Natur (HAUBER, KROGH, LANGEN, MÜLLER, WIRZ). Sie entsteht durch die Ausschwemmung von Eiweißabbau- und -umbauprodukten aus der bestrahlten Epidermis (KELLER).

Die als Primärwirkung der UV-Strahlen im

Gewebe ablaufenden photochemischen Reaktionen führen

1. zur Neubildung eines langsam diffusiblen Stoffes mit histaminähnlicher Wirkung aus dem Histidin der Haut,
2. zur Freisetzung eines präformierten, schnell diffusiblen histaminähnlichen Körpers aus den strahlungsgeschädigten Epidermiszellen. Dieser Körper entsteht bei jeder Zellschädigung (ELLINGER, LEWIS).

LEWIS und ZWEIFACH sind der Meinung, daß diese humoralen Substanzen auf die den Kapillaren vorgeschalteten muskulären Gefäßabschnitte erweiternd einwirken und die Dilatation der Kapillaren eine passive Folgeerscheinung dieser Gefäßerweiterung sei.

Die Bedeutung der Hornschicht für Lichtgewöhnung und UV-Strahlenwirkung

Die chronische Einwirkung vieler Noxen, insbesondere die chronische Lichteinwirkung, führt zu einer Verdickung des Str. corneum (MIESCHER). Bevor die UV-Strahlung im Gewebe Reaktionen auszulösen vermag, erfährt sie beim Passieren der Hornschicht kennzeichnende Veränderungen. MIESCHER konnte nachweisen, daß eine Hornschichtdicke von 9μ eine Schwächung der Lichtenergie um 50 % bedingt und einer Hornschuppendicke von 70μ eine praktisch absolute Schutzkraft zukommt, daß somit UV-Empfindlichkeit und Lichtgewöhnung direkte Folgeerscheinungen der Hornbildung sind. Allein

hierin ist eine weitere Ursache für die unterschiedliche Lichtempfindlichkeit lichtexponierter und bedeckter Hautstellen zu sehen.

Die Hornschicht erweist sich in ihrer Wirkung weiterhin als ein selektives Strahlenfilter (BACHEM, GUTHMANN, HAUBER, MEYER' und SEITZ, WUCHERPFENNIG). Da sie die kurzwelligen Ultraviolettstrahlen bei $250\text{ m}\mu$ im Vergleich zu den langwelligeren Strahlen bei $300\text{ m}\mu$ stärker absorbiert, ist deren Eindringungsvermögen und unter dem Hornlager zur Verfügung stehende Energie gering. Die biologische Strahlenwirkung ist aber - dem Grotthus-Draper'schen Gesetz zufolge - an die Absorption der Strahlenenergie im Gewebe gebunden (ELLINGER, HAUBER, MEYER und SEITZ, MIESCHER). In Übereinstimmung damit könnte die kurzwellige UV-Bestrahlung in der Hornschicht die Neubildung relativ größerer Mengen histaminähnlicher Substanzen bewirken (ROTTIER), während die durchdringungsfähigere, langwelligere Strahlung in den tieferen Schichten der Epidermis mehr durch Zellschädigung und damit durch die Freisetzung von H-Substanzen wirkt. ROTTIER betont die Existenz zweier voneinander unabhängiger Reaktionen, von denen die durch die Wellenlänge $250\text{ m}\mu$ ausgelöste in der Hornschicht lokalisiert sei, während das $297\text{ m}\mu$ -Erythem in den lebenden Zellen unter dem Hornlager verursacht werde.

Der Einfluß der Altersveränderungen auf die UV-Strahlenwirkung

Die Überleitung der bei diesen Reaktionen

in den obersten Epidermislagen neugebildeten und freigesetzten gefäßaktiven Stoffe zu ihrem Wirkungsort erfolgt auf dem Wege der Diffusion. Es ist anzunehmen, daß als Folge der altersbedingten strukturellen Veränderungen, sowohl der Gefäßwände, welche Permeabilitätsstörungen nach sich ziehen, als auch der Gewebe hinsichtlich ihrer Verfestigung und Verdichtung, die Diffusion der gefäßaktiven Stoffe von ihrem Bildungsort zum Wirkungsort erschwert und verzögert wird. Möglicherweise erfolgt auch bereits auf dem durch die Rarifizierung des Gefäßsystems verlängerten Diffusionsweg eine Inaktivierung oder ein Verlust dieser Substanzen, so daß an den lichtexponierten Hautstellen im Alter eine Mehrproduktion erforderlich ist, um ein Erythem hervorzurufen.

Die Erythemstärke ist somit von der Menge dieser primär gebildeten und freigesetzten Epidermissubstanzen abhängig, weiterhin von der Diffusionsgeschwindigkeit, mit welcher sie zu den Gefäßen des Papillarkörpers vorzudringen vermögen, und letztlich von der Reaktionsfähigkeit der Gefäße selbst (KELLER).

Die Abhängigkeit der UV-Lichtempfindlichkeit von der Lokalisation

Für das im Vergleich zum Handrücken nicht so ausgeprägte Absinken der UV-Lichtempfindlichkeit der Stirn mit zunehmendem Alter bietet sich unter Hinweis auf die Ergebnisse von

MORETTI und Mitarb. eine mögliche Erklärung. MORETTI und Mitarb. konnten zeigen, daß die mediale Gesichtsregion besonders reichlich vaskularisiert ist. Es wäre zu erwarten, daß bei altersbedingten Veränderungen am Gefäßsystem hier eine immer noch größere Anzahl reaktionsfähiger Gefäße verbleibt, als am Handrücken.

Das erneute Ansteigen der UV-Lichtempfindlichkeit mit zunehmendem Alter an den nicht-lichtexponierten Hautstellen steht in Einklang mit den Ergebnissen von EJIRI, HIMMEL, SAALFELD, die neben einer geringen Epidermisdicke im Alter besonders eine Auflockerung und Verdünnung der Hornschicht fanden. Das durch diesen vermindert. Strahlenschutz bedingte entsprechend tiefere Eindringen einer größeren Strahlenmenge müßte die vermehrte Bildung gefäßaktiver Substanzen und gleichzeitig einen entsprechend kürzeren Diffusionsweg derselben zu ihrem Wirkungsort an den Gefäßen zur Folge haben. Dieser Zusammenhang könnte eine Erklärung bieten für die größere Lichtempfindlichkeit nicht-lichtexponierter Hautpartien im Alter.

Die im Vergleich zu den übrigen nicht-lichtexponierten Teststellen festgestellte, ausgeprägter und früher auftretende Erhöhung der Lichtempfindlichkeit an der unteren Extremität ist wahrscheinlich auf die orthostatische Beanspruchung der Gefäße zurückzuführen, die als funktionelle Mehrbelastung (HEVELKE)

deren vorzeitiges Altern bedingt. Es ist zu vermuten, daß die damit verbundenen Permeabilitätsstörungen der Gefäßwände Ernährungsstörungen der abhängigen Gewebe und damit letztlich eine Atrophie der Epidermis herbeiführen. Damit würden die altersmäßigen Veränderungen der nicht-lichtexponierten Hautstellen an der Wade zu einem früheren Zeitpunkt erreicht.

Auf Grund der gewonnenen Ergebnisse läßt sich nur feststellen, daß sich die UV-Lichtempfindlichkeit an lichtexponierten und nicht-lichtexponierten Hautpartien mit zunehmendem Alter unterschiedlich verhält. Während sich an den lichtexponierten Hautstellen ein kontinuierlicher Abfall der UV-Empfindlichkeit mit fortschreitendem Alter ergab, fand sich an den nicht-lichtexponierten Körperstellen eine herabgesetzte Lichtempfindlichkeit in den mittleren Lebensjahren und eine erhöhte Lichtempfindlichkeit in der Jugend und im Alter.

Es ist anzunehmen, daß die Ursachen für ein solches Verhalten sowohl in den spontanen altersbedingten, morphologischen und funktionellen Wandlungen der Gefäße und Gewebe als auch in den durch exogene Einwirkungen in Verbindung mit dem Alter hervorgerufenen Veränderungen zu suchen sind. Eine genauere Klärung der Ursachen für dieses Verhalten der Lichtempfindlichkeit an den verschiedenen Lokalisationen in Abhängigkeit vom Alter war durch diese Untersuchungen nicht möglich.

C. Zusammenfassung

1. Bei 83 hautgesunden Versuchspersonen im Alter von 11 bis 89 Jahren wurde die UV-Lichtempfindlichkeit an sieben verschiedenen Hautstellen in Form der Erythemschwelle bestimmt. Die Untersuchungen erfolgten an zwei lichtexponierten (Stirn und Handrücken), drei nicht-lichtexponierten (Rücken, Oberarm, Oberschenkel) und an zwei in unterschiedlichem Ausmaß lichtexponierten Hautstellen (Unterarm, Wade). Die Erythemschwelle wurde sechs und 24 Stunden nach Bestrahlung mit einer Kromayerlampe abgelesen.

2. Die UV-Lichtempfindlichkeit zeigt mit zunehmendem Alter an lichtexponierten und bedeckt getragenen Hautpartien ein unterschiedliches Verhalten.

An den lichtexponierten Hautstellen nimmt die UV-Lichtempfindlichkeit mit fortschreitendem Lebensalter nahezu gleichmäßig ab. Beim Vergleich der Untersuchungsergebnisse an lichtexponierten Teststellen ergaben sich signifikante Unterschiede der Lichtempfindlichkeit zwischen 11- bis 30-jährigen und über 60-jährigen Probanden. Beim Vergleich der 11- bis 30-jährigen mit der 31- bis 60-jährigen sowie der 31- bis 60-jährigen mit der

über 60-jährigen Altersgruppe war nur an der Teststelle des Handrückens die Lichtempfindlichkeit signifikant herabgesetzt.

3. Die UV-Lichtempfindlichkeit nicht-lichtexponierter Hautpartien ist in der Jugend und im Alter - verglichen mit einem mittleren Altersbereich - bei weniger ausgeprägten Unterschieden erhöht.

In unterschiedlichem Ausmaß lichtexponierte Hautstellen entsprechen in ihrem Verhalten nicht-lichtexponierten Hautpartien.

Es fand sich nur beim Vergleich der 11- bis 30-jährigen mit der 31- bis 60-jährigen Altersgruppe an der Teststelle des Oberarmes ein signifikanter Abfall sowie bei über 50-jährigen Probanden im Vergleich mit einer 21- bis 50-jährigen Altersgruppe an der Teststelle der Wade ein signifikanter Anstieg der UV-Lichtempfindlichkeit.

4. Die Untersuchungsergebnisse sollen in der Bestimmung der UV-Lichtempfindlichkeit mittels der Erythemschwelle eine der Möglichkeiten aufzeigen, mit deren Hilfe ein Einblick in die strukturellen Wandlungen der alternden Haut und in die mit dem Alter veränderten Gefäßfunktionen möglich ist, unter besonderem Hinweis auf die Mehrbeanspruchung und den grösseren Verschleiß der alternden Haut an den lichtexponierten Körperpartien.

D. L i t e r a t u r v e r z e i c h n i s

1. Adams, A.Q., B.T. Barnes und W.E. Forsythe:
Über die Erythemwirksamkeit ultraviolettten Lichtes.
Strahlentherapie 48, 235-249 (1933)
2. Bachem, A.:
Die Lichtdurchdringung der menschlichen Haut.
Strahlentherapie 39, 30-56 (1931)
3. Bargmann, W.:
Histologie und mikroskopische Anatomie.
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1948
4. Bellocq, P.:
Étude anatomique des artères de la peau chez l'homme.
Masson Paris 1925
5. Berres, H.:
Die Histologie der Altersveränderungen der menschlichen Haut.
Arch. klin. exp. Derm. 206, 751-757 (1957)
6. Betz, E. und E. Stein:
Über die Elastizitätsabnahme der terminalen Gefäße im Alter.
Verh. dt. Ges. inn. Med. 60, 897-898 (1954)
7. Blumenthal, F. und L. Böhmer:
Zur Dosierung der Ultraviolettstrahlen.
Z. Haut- u. Geschl.-Kr. 25, 36-37 (1927)

8. Borbély:
zit. nach: W. Montagna und R.A.
Ellis
9. Bradley, H.C.:
Autolysis and atrophy.
zit. nach: E. Müller
10. Braun-Falco, O.:
Über das Wesen der senilen Elastose.
Derm. Wschr. 134, 1021-1042 (1956)
11. Braun-Falco, O. und K. Salfeld:
Untersuchungen zum Wesen der senilen
Elastose.
Derm. Wschr. 135, 369-373 (1957)
12. Braun-Falco, O. und K. Salfeld:
Weitere Untersuchungen zum Wesen der
senilen Elastose.
Derm. Wschr. 135, 374-379 (1957)
13. Bürger, M.:
Behandlung bei Alters- und Gefäß-
krankungen.
5. Kongreßtag
Probleme des Alterns und der Verjün-
gung.
14. Bürger, M.:
Altern und Krankheit.
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1957
15. Carrel:
zit. nach: M. Bürger
16. Ceresa:
zit. nach: H. Ströbel
17. Chambers, R. und B.W. Zweifach:
Intercellular cement and capillary
permeability.
Physiol. Rev. 27, 436-463 (1947)
18. Chiale, G.:
zit. nach: H. Ströbel

19. Coblentz, W.W., R. Stair und J. Hogue:
Die spektrale Erythemreaktion der
menschlichen Haut auf Ultraviolett-
strahlung.
Strahlentherapie 42, 373-378 (1931)
20. Dahlfeld, C.:
Zur rationellen Dosierung der ultra-
violetten Reizstrahlen.
Strahlentherapie 16, 75-95 (1924)
21. Dorno, C.:
Physik der Sonnen- und Himmelsstrah-
lung.
Strahlentherapie 9, 467-519 (1916)
22. Dorno, C.:
Beiträge zur Kenntnis des Sonnen- und
Quarzlichterythems und -pigmentes.
Strahlentherapie 22, 70-91 (1926)
23. Dorno, C.:
Tägliche, jährliche und säkulare
Schwankungen der Sonnenstrahlung nach
Beobachtungen in Davos.
Strahlentherapie 31, 330-348 (1929)
24. Dyck, P.:
Über die Strömungsgeschwindigkeit des
Blutes in den verschiedenen Alters-
stufen des Menschen.
Z. Altersforsch. 9, 125-140 (1955)
25. Eder, J.M. und L. Freund:
Untersuchungen von Lichtschutzsalben
gegen Ultraviolett und damit zusammen-
hängende prinzipielle Fragen.
Biologisch wirksame Spektralzonen, in-
dividuelle Lichtempfindlichkeit, Prü-
fungsmethoden.
Strahlentherapie 55, 560-597 (1936)
26. Ejiri, I.:
Studien über die Histologie der mensch-
lichen Haut.
I. Mitteilung:
Über die regionären Unterschiede der
elastischen Fasern der Haut.
Jap. J. Derm. Urol. 40, 173-174 (1936)

27. Ejiri, I.:
Studien über die Histologie der menschlichen Haut.
II. Mitteilung:
Über die Alters- und Geschlechtsveränderungen der elastischen Fasern der Haut.
Jap. J. Derm. Urol. 40, 216-217 (1936)
28. Ejiri, I.:
Studien über die Histologie der menschlichen Haut.
III. Mitteilung:
Über die regionären und Altersunterschiede verschiedener Hautelemente mit besonderer Berücksichtigung der Altersveränderungen der elastischen Fasern.
Jap. J. Derm. Urol. 41, 8-12 (1937)
29. Ejiri, I.:
Studien über die Histologie der menschlichen Haut.
IV. Mitteilung:
Über das Wesen der Altersveränderungen der Haut.
Jap. J. Derm. Urol. 41, 64-70 (1937)
30. Ellinger, F.:
Die Ätiologie des Lichterythems vom Standpunkt des Latenzstadiums aus betrachtet.
Strahlentherapie 40, 760-769 (1931)
31. Ellinger, F.:
Die Lichtempfindlichkeit der menschlichen Haut, ihre Bestimmung und Bedeutung für die lichtbiologische Konstitutionsforschung.
Strahlentherapie 44, 1-82 (1932)
32. Ellinger, F.:
Die biologischen Grundlagen der Strahlenbehandlung.
Urban & Schwarzenberg Verlag Berlin und Wien 1935
33. Frey-Wyssling, A.:
zit. nach: E. Müller

34. Fuchs, M.:
Die synkardiale Behandlungsmethode bei
alternden Gefäßen.
Therapiewoche 4, 375-381 (1953/54)
35. Gans, O. und G.K. Steigleder:
Histologie der Hautkrankheiten.
Springer Verlag Berlin-Göttingen-Hei-
delberg 1955
36. Gottron, H.A.:
zit. nach: O. Gans und G.K. Steigleder
37. Guthmann, H. und W. Nagel:
Ultravioletttempfindlichkeit und men-
strueller Zyklus.
Strahlentherapie 48, 267-282 (1933)
38. Hanke, W.:
Die Bedeutung von Latenzzeit für ultra-
violett-strahlenbedingte Veränderungen
am lebenden Gewebe.
Proc. 3rd Int. Congr. Photobiol.
S. 336-345
Kopenhagen 1960
39. Hartmann, F.:
Das Wesen der gestörten Funktion des
Bindegewebes.
Kongreß für innere Medizin XV
S. 27-53
40. Haußer, K.W.:
Der Einfluß der Wellenlänge in der
Strahlenbiologie.
Strahlentherapie 28, 25-44 (1928)
41. Haußer, K.W. und E. Schlechter:
Die Hauterythemdosis (HED) als bio-
logisches Maß der Strahlenwirkung.
Wissenschaftl. Veröffentl. aus dem
Siemens-Konzern 6, 111-119 (1927/28)
42. Haußer, K.W. und W. Vahle:
Die Abhängigkeit des Lichterythems
und der Pigmentbildung von der Schwin-
gungszahl (Wellenlänge) der erregen-
den Strahlen.
Strahlentherapie 13, 41-71 (1922)

43. Haußer, K.W. und W. Vahle:
Sonnenbrand und Sonnenbräunung.
Wissenschaftl. Veröffentl. aus dem
Siemens-Konzern 6, 101-110 (1927/28)
44. Henschke, U. und R. Schultze:
Methodik von Erythem- und Pigmentver-
suchen.
Strahlentherapie 63, 236-255 (1938)
45. Henschke, U. und R. Schultze:
Über Pigmentierung durch langwelliges
Ultraviolett.
Strahlentherapie 64, 14-42 (1939)
46. Hevelke, G.:
Beiträge zur Funktion und Struktur
der Gefäße.
III. Mitteilung:
Vergleichende angiochemische Untersu-
chungen der rechten und linken Arteria
brachialis.
Z. Altersforsch. 9, 254-263 (1955)
47. Hill, W.R. und H. Montgomery:
Regional changes and changes caused
by age in the normal skin.
J. invest. Derm. 3, 231-245 (1940)
48. Himmel, J.M.:
Zur Kenntnis der senilen Degeneration
der Haut.
Arch. klin. exp. Derm. 64, 47-60 (1903)
49. Hoff, F. und M. Kessler:
Kapillarfunktion und Lebensalter.
Klin. Wschr. 12, 1413 (1933)
50. Keller, Ph.:
Über die Wirkung des ultravioletten
Lichtes auf die Haut unter besonderer
Berücksichtigung der Dosierung.
I. Mitteilung:
Dosierung.
Strahlentherapie 16, 52-74 (1924)
51. Keller, Ph.:
Über die Wirkung des ultravioletten
Lichtes auf die Haut unter besonderer
Berücksichtigung der Dosierung.

II. Mitteilung:
Individuelle und regionäre Empfind-
lichkeit.

Strahlentherapie 16, 301-308 (1924)

52. Keller, Ph.:

Über die Wirkung des ultravioletten
Lichtes auf die Haut.

Strahlentherapie 28, 152-163 (1928)

53. Keller, Ph.:

Die lichtbiologischen Grundlagen einer
Ultraviolett-Lichtdosimetrie.

Strahlentherapie 34, 129-142 (1929)

54.*Keller, Ph.:

Primäre und sekundäre UV-Lichtreaktio-
nen in der Haut.

Klin. Wschr. 12, 421-424 (1933)

55. Knobloch, H.:

Das Verhalten der Kapillaren im Alters-
ablauf.

Verh. dt. Ges. inn. Med. 60, 895-896
(1954)

56. Knudsen, E.A., J.V. Christiansen und H.

Brodthagen:

Seasonal variations in light-sensitivi-
ty.

Proc. 3rd Int. Congr. Photobiol.

S. 521-527

Kopenhagen 1960

57. Kojima:

zit. nach: H. Ströbel

58. Krag, C. und W. Kountz:

Stability of body function in the
age.

J. Geront. 5, 227-235 (1950)

59. Krystalowicz:

zit. nach: J.M. Himmel

60. Kühn, G.:

Vergleichende Kapillarresistenzbe-
stimmungen in den verschiedenen Alters-
klassen.

Z. Altersforsch. 1, 301-309 (1939)

61. Langen, D.:
Experimentelle Studien über die Ery-
thembildung der Sonnen- und Himmels-
strahlung.
Strahlentherapie 63, 142-170 (1938)
62. Lecomte du Nouÿ:
Das Altern und die physiologische
Zeit.
Z. Altersforsch. 1, 301-309 (1939)
63. Lewis, T.:
Die Blutgefäße der menschlichen Haut.
Karger Verlag Berlin 1926
64. Lindholm:
zit. nach: H. Ströbel
65. Linzbach, A.J.:
Vergleich der dystrophischen Vorgänge
an Knorpel und Arterien als Grundlage
zum Verständnis der Arteriosklerose.
Virchow's Arch. path. Anat. 311, 432-
508 (1944)
66. Ma, C. und E.V. Cowdry:
Ageing of elastic tissue in human
skin.
J. Geront. 3, 203-210 (1953)
67. Manganotti, G.:
Rilievi generali e considerazioni
sulla cute senile.
I. Epidermide.
Giorn. Geront. 5, 10-38 (1955)
68. Matthes, K., H. Göpfert und F. Gross:
Untersuchungen am Kreislauf beim
alternden Menschen.
Z. Altersforsch. 2, 33-42 (1940)
69. du Mesnil de Rochemont, R.:
Einführungen in die Strahlenkunde.
Urban & Schwarzenberg Verlag Berlin
und Wien 1937
70. Meyer, A.E.H. und E.O. Seitz:
Ultraviolette Strahlen.
de Gruyter Verlag Berlin 1949

71. Miescher, G.:
Probleme des Lichtschutzes und der
Lichtgewöhnung.
Strahlentherapie 35, 403-443 (1930)
72. Miescher, G.:
Die Schutzfunktion der Haut gegenüber
Lichtstrahlen.
Strahlentherapie 39, 601-618 (1931)
73. Miescher, G.:
Strahlenphysiologie der Haut.
Strahlentherapie 66, 615-626 (1939)
74. Montagna, W. und R.A. Ellis:
Advances in biology of the skin, blood
vessels and circulation.
Pergamon Press 1961
75. Moretti, G., R.A. Ellis und H. Mesoon:
Vascular patterns in the skin of the
face.
J. invest. Derm. 33, 103-112 (1956)
76. Müller, E.:
Der Zelltod.
Handbuch der allgemeinen Pathologie.
Band II, Teil 1, S. 613-679
Springer Verlag Berlin-Göttingen-Hei-
delberg 1955
77. Müller, O.:
Die feinsten Blutgefäße des Menschen
in gesunden und kranken Tagen.
Enke Verlag Stuttgart 1939
78. Müller, O.:
Zur normalen Anatomie und Physiologie
sowie allgemeinen Pathologie des
feinsten Gefäßabschnittes beim Menschen.
Enke Verlag Stuttgart 1939
79. Nesterow:
zit. nach: O. Müller
80. Neumann, J.:
Über die senilen Veränderungen der
menschlichen Haut.
Arch. klin. exp. Derm. 1, 316-318
(1896)

81. Nordmann, M.:
Die Grundlagen der Arteriosklerose
nach allgemein-pathologischen Ge-
sichtspunkten.
Z. Altersforsch. 6, 214-229 (1952)
82. Ohno, T.:
Pathologisch-histologische Studien
über die elastischen Fasern der mensch-
lichen Haut.
Arch. klin. exp. Derm. 149, 486-491
(1925)
83. Orbant:
zit. nach: J.M. Himmel
84. Rasponi, L.:
Rilievi sul comportamento della re-
sistenza dei piccoli vasi cutanei
nell'età senile.
in: Contributo allo studio dei feno-
meni di senescenza della cute
umana.
hersg. von G. Manganotti und
Mitarb.
Relazione al V. Congresso Nazio-
nale della Società Italiana di
Gerontologia e Geriatria
Turin 27. bis 29.6.1955
S. 289-306
85. Rasponi, L.:
Rilievi sulla funzionalità epidermica
nell'età senile.
in: Contributo allo studio dei feno-
meni di senescenza della cute
umana.
hersg. von G. Manganotti und
Mitarb.
Relazione al V. Congresso Nazio-
nale della Società Italiana di
Gerontologia e Geriatria
Turin 27. bis 29.6.1955
S. 307-335
86. Ries, W.:
Altersveränderungen der Kapillarfunk-
tionen.
Die Heilkunst 11, 313-316 (1963)

87. Rollhäuser, H.:
Die Zugfestigkeit der menschlichen
Haut.
Gegenbaur's Jahrb. 90, 249-261 (1950)
88. Rollhäuser, H.:
Konstitutions- und Altersunterschiede
in der Festigkeit kollagener Fibrillen.
Gegenbaur's Jahrb. 91, 157-179 (1951)
89. Rottier, P.B.:
The vascular reaction of human skin
to irradiation with long wave ultra-
violet and (366 m μ) visible light
(405 and 436 m μ).
Proc. 3rd Int. Congr. Photobiol.
S. 329-336
Kopenhagen 1960
90. Rottier, P.B.:
Improved determination of sensitivity
for ultraviolet rays.
Dermatologica (Basel) 124, 356-358
(1962)
91. Rottier, P.B.:
Testing of the skin for reactions
to ultraviolet irradiation.
Dermatologica (Basel) 127, 260-266
(1963)
92. Saalfeld, E.:
Zur pathologischen Anatomie der Haut
im Alter mit Berücksichtigung der
Arterienveränderungen.
Arch. klin. exp. Derm. 132, 1-16 (1921)
93. Saidmann, J.:
Die Schwankungen der Hautempfindlich-
keit und ihre Bedeutung für die prak-
tische Lichttherapie.
Strahlentherapie 45, 86-96 (1932)
94. Sanchez, N.:
Über die jahreszeitlichen Schwankungen
der Strahleneritheme.
Z. Haut- u. Geschl.-Kr. 54, 316 (1937)

95. Schall, L.:
Untersuchungen über den Ablauf des
Lichterythems.
Strahlentherapie 28, 164-167 (1928)
96. Schall, L.:
Das Lichterythem.
Ergeb. med. Strahlenforsch. 4, 253-
276 (1930)
97. Schall, L. und H.J. Alius:
Zur Biologie des Ultraviolettlichtes.
I. Mitteilung:
Zur Frage der Dosimetrie des Ultravio-
lettlichtes.
Strahlentherapie 19, 559-573 (1925)
98. Schall, L. und H.J. Alius:
Zur Biologie des Ultraviolettlichtes.
III. Mitteilung:
Die Reaktion der menschlichen Haut
auf die Ultraviolettlichtbestrahlung
(Erythemablauf).
Strahlentherapie 32, 161-165 (1926)
99. Schall, L. und H.J. Alius:
Zur Biologie des Ultraviolettlichtes.
Bruns' Beitr. klin. Chir. 143, 721-
723 (1928)
100. Schallwegg, O.:
Die menschliche Haut in ihrer Bezie-
hung zu Alter, Geschlecht und Konsti-
tution.
Inaug. Diss. München 1941
101. Schlomka:
zit. nach: M. Bürger
102. Schmidt, M.B.:
zit. nach: H. Ströbel
103. Schmidt, R.:
Über den Einfluß von Alter und chroni-
scher Lichtexposition auf das funktio-
nelle Verhalten der Hautdurchblutung.
Inaug. Diss. Marburg 1964
104. Schönicke, E.A.:
Welche Funktionen des Organismus wer-
den durch die UV-Erythemschwelle er-
faßt?
Strahlentherapie 89, 469-480 (1953)

105. Seitz, O.:
Ultraviolettstrahlen und ihre biologische Bewertung.
Strahlentherapie 55, 598-613 (1936)
106. Sobotka, P.:
Studien über den Einfluß experimentell veränderter örtlicher Bedingungen auf die Lichtreaktion (UV-Reaktion) der menschlichen Haut.
Arch. klin. exp. Derm. 121, 45-91 (1916)
107. Spalteholz, W.:
Blutgefäße der Haut.
in: J. Jadassohn: Handbuch der Haut- und Geschlechtskrankheiten
Band I, Teil 1, S. 379-433
Springer Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg 1927
108. Ströbel, H.:
Die Gewebsveränderungen der Haut im Verlaufe des Lebens.
Arch. klin. exp. Derm. 186, 636-668 (1948)
109. Tronnier, H.:
Über die UV-Reaktion an der menschlichen Haut.
I. Mitteilung:
Messung und Beurteilung des Erythems.
Z. Haut- u. Geschl.-Kr. 21, 13-21 (1956)
110. Tronnier, H.:
Über den Erythemablauf an der menschlichen Haut und die unterschiedliche Erythem-Pigment-Verteilung bei verschiedenen UV-Strahlen.
Strahlentherapie 101, 641-646 (1956)
111. Tronnier, H.:
Methodische und apparative Gesichtspunkte zur Messung der menschlichen Hautfarbe.
Strahlentherapie 104, 146-155 (1957)

112. Tronnier, H.:
Bestimmung der Hautfarbe unter besonderer Berücksichtigung der Erythem- und Pigmentmessung.
Strahlentherapie 121, 392-404 (1963)
113. Tronnier, H. und M. Käding:
Über die UV-Reaktion an der menschlichen Haut.
VII. Mitteilung:
Über die Beeinflussung des UV-Erythems durch extern angewandte Hormone und Gewebsextrakte.
Z. Haut- u. Geschl.-Kr. 21, 254-260 (1956)
114. Tronnier, H. und F.W. Klussmann:
Über die UV-Reaktion an der menschlichen Haut.
II. Mitteilung:
Untersuchungen an Lichtschutzmitteln.
Z. Haut- u. Geschl.-Kr. 21, 43-51 (1956)
115. Tronnier, H. und F.W. Klussmann:
Über die UV-Reaktion an der menschlichen Haut.
II. Mitteilung (1. Fortsetzung):
Untersuchungen an Lichtschutzmitteln.
Z. Haut- u. Geschl.-Kr. 21, 75-83 (1956)
116. Tronnier, H. und F.W. Klussmann:
Über die UV-Reaktion an der menschlichen Haut.
II. Mitteilung (2. Fortsetzung):
Untersuchungen an Lichtschutzmitteln.
Z. Haut- u. Geschl.-Kr. 21, 96-104 (1956)
117. Tronnier, H. und H. Kühl:
Über die UV-Reaktion an der menschlichen Haut.
III. Mitteilung:
Beeinflussung des UV-Erythemablaufes durch nicht absorbierende Stoffe.
Z. Haut- u. Geschl.-Kr. 21, 134-143 (1956)

118. Tronnier, H. und H. Linnenkohl:
Über die UV-Reaktion an der menschlichen Haut.
VI. Mitteilung:
Versuche mit lokal angewandten Substanzen der Vit. B. Gruppe.
Z. Haut- u. Geschl.-Kr. 21, 224-232
(1956)
119. Tronnier, H. und K. Paul:
Über die UV-Reaktion an der menschlichen Haut.
VIII. Mitteilung:
Der Einfluß lokal applizierter, gefäßwirksamer Substanzen auf das UV-Erythem.
Z. Haut- u. Geschl.-Kr. 21, 279-288
(1956)
120. Tronnier, H. und H. Wagner:
Ein Gerät zur Messung des Rückstrahlvermögens der Haut.
Strahlentherapie 83, 549-559 (1950)
121. Unna, P.:
zit. nach: H. Ströbel
122. Verzar, F. und H. Willenegger:
Das Altern des Kollagens in der Haut und in Narben.
Schweiz. med. Wschr. 41, 1234-1246
(1961)
123. Wagner, G.:
Altersveränderungen der Haut, Altersdermatosen.
in: H.A. Gottron und W. Schönfeld:
Dermatologie und Venerologie.
Band IV, S. 756-830
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1960
124. Weidmann, F.D.:
zit. nach: O. Gans und G.K. Steigleder
125. Wernsdörfer, R.:
Experimentelle Untersuchungen über den Einfluß dermato-therapeutischer Faktoren auf die UV-Erythemschwelle.
Proc. 3rd Int. Congr. Photobiol.
S. 519-528
Kopenhagen 1960

126. Wernsdörfer, R.:
Neue Ergebnisse und Erfolge bei der
Einwirkung von UV-Strahlen auf die
Haut.
Med. Mschr. 14, 574-577 (1960)
127. Wirz, F.:
Druck und Entzündung.
Arch. Derm. Syph. (Bln.) 151, 208-211
(1926)
128. Wucherpfennig, V.:
Biologie und praktische Verwendbarkeit
der Erythemschwelle des UV.
Strahlentherapie 40, 201-244 (1931)
129. Wucherpfennig, V.:
Die Erythemschwelle des UV in biologi-
scher, therapeutischer und strahlen-
technischer Hinsicht.
Strahlentherapie 40, 757-759 (1931)
130. Wucherpfennig, V.:
Die Bedeutung und praktische Verwend-
barkeit der Erythemschwelle in der UV-
Strahlenbehandlung.
Klin. Wschr. 12, 1764-1766 (1933)
131. Wucherpfennig, V.:
Über den biologisch richtigen Ver-
gleich spektral verschiedener UV-
Strahlungen.
Strahlentherapie 55, 170-184 (1936)
132. Wucherpfennig, V.:
Zur Anzeigestellung und Strahlenbe-
messung in der Ultravioletttheilbehand-
lung mit künstlichen Strahlen.
Med. Welt 12, 1841-1843 (1938)
133. Wucherpfennig, V.:
Zur Messung und Bemessung des Ultra-
violett.
Klin. Wschr. 21, 926-930 (1942)
134. Wucherpfennig, V., G. Ehring und H.-J. Heite:
Die Beziehungen des UV-Erythems zu
Konstitution und Umwelt.
Strahlentherapie 92, 212-218 (1953)

135. Zweifach, B.W.:

Basic mechanism in peripheral vascular
homostasis.

3rd Conference on Factors Regulating
Blood Pressure.

Josuah Macy jr. Foundation New York
1949

136. Zweifach, B.W.:

Structural aspects and hemodynamics
of microcirculation in the skin.

in: St. Rothman: The Human Integument
Amer. Assoc. Adv. Sci. S. 67-76
Washington D.C. 1959

Herrn Prof. Dr. med. O. Braun-Falco
danke ich für die Überlassung des
Themas sowie für die Arbeitsmöglich-
keit in der Dermatologischen Univer-
sitätsklinik Marburg an der Lahn.

Mein besonderer Dank gilt Herrn
Priv.-Doz. Dr. Dr. K. Salfeld für die
Anleitung und die Ratschläge bei der
Durchführung der Arbeit.

Meine akademischen Lehrer waren die Herren
Professoren und Dozenten:

in Marburg:

Ammon, Beckmann, Berendes, Bock, Braun-Falco,
Bücher, Dimroth, Dittrich, Eggstein, Exner,
Franke, Gedigk, Gross, Hamm, Hartmann, Hensel,
Heuser, Hildebrandt, Hornung, Huber, Jacob,
Lang, Linneweh, Löhr, Lübbers, Mahr, Marx,
Maurath, du Mesnil de Rochemont, Müller,
Neubauer, Niessing, Nieth, Oksche, Petry,
Salfeld, Sauer, Schleyer, Schmid, Schmitz,
Schölmerich, Schrappe, Schwaiger, Seidel,
Siegert, Stein, von Stosch, Straub, Streicher,
Vogt, Walcher, Waller, Wendt, Würterle.

in Wien:

Chiari, Fuchsig, Landa, Lindner, Polzer.

Lebenslauf

Am 8. Februar 1939 wurde ich als einziges Kind des kaufmännischen Angestellten Hilmar Ludwig und seiner Ehefrau Helene, geb. Römer in Dresden geboren.

Von 1945 bis 1953 war ich Schüler der 13. Grundschule in Dresden. Von 1953 bis 1955 besuchte ich - ebenfalls in Dresden - die Oberschule und erwarb das Zeugnis der Mittleren Reife.

Im Mai 1955 verließ mein Vater aus politischen Gründen die Sowjetzone, im Juli des gleichen Jahres folgten meine Mutter und ich in die Bundesrepublik nach.

Vom Herbst 1955 an besuchte ich, mit der Untersekunda beginnend, in Gelsenkirchen-Buer das Max-Planck-Gymnasium bis zu meinem Abitur im März 1959.

Im Mai 1959 begann ich an der Philipps-Universität in Marburg an der Lahn das Studium der Medizin und bestand im März 1960 die Naturwissenschaftliche Vorprüfung und im Oktober 1961 die Ärztliche Vorprüfung.

Das erste der sechs klinischen Semester studierte ich in Marburg an der Lahn, das zweite an der Wiener Universität, die folgenden vier Semester wiederum an der Philipps-Universität in Marburg an der Lahn. Im Wintersemester 1964/65 bestand ich hier die Ärztliche Prüfung.

In der Zeit vom 15. Mai 1965 bis zum

31. August 1965 arbeitete ich als Medizinal-
assistent an der Dermatologischen Universitäts-
klinik in Marburg an der Lahn und vom 1. Sep-
tember 1965 bis zum 31. März 1966 war ich an
der Medizinischen Poliklinik der Philipps-
Universität Marburg an der Lahn tätig.

